



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MAGMATISMO E EVOLUÇÃO METAMÓRFICA DO COMPLEXO
ANÁPOLIS-ITAUÇU NA REGIÃO DE DAMOLÂNDIA, GOIAS.**

Dissertação de Mestrado N° 371

Stephanie Karen Ward Maia

Brasília, setembro de 2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MAGMATISMO E EVOLUÇÃO METAMÓRFICA DO COMPLEXO ANÁPOLIS-ITAUÇU NA REGIÃO DE DAMOLÂNDIA, GO

Stephanie Karen Ward Maia

Dissertação de Mestrado N° 371

Orientadora: Prof^ª. Dra. Maria Emilia Schutesky Della Giustina (IG – UnB)

Examinadores:

Prof^ª. Dra. Maria Emilia Schutesky Della Giustina IG-UnB (orientadora)

Prof. Dr. Reinhardt Adolfo Fuck IG-UnB (membro interno)

Prof. Dr. Renato de Moraes IG-USP (membro externo)

Prof. Dr. Elton Luiz Dantas IG-UnB (membro interno - suplente)

Brasília, setembro de 2016

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Jacqueline e Milton, por me apoiarem incondicionalmente e por, além de revisarem o texto final, terem me auxiliado na jornada acadêmica até agora.

Ao meu poodle Moty, companheiro constante dos últimos 15 anos e minha motivação para acordar cedo de manhã, sair da frente do computador e ir para o mundo real.

Aos colegas de mestrado, Gabriel Franco, Felipe Ruiz, Hammel Macedo e Karen Silva, por terem sido fonte constante de apoio e ajuda nos estudos.

À professora Dr(a). Maria Emília Schutesky Della Giutina, por toda a dedicação e disponibilidade na transmissão do conhecimento.

Aos professores Dr. Reinhardt Adolfo Fuck e Renato de Moraes, por terem participado da banca examinadora da presente dissertação.

Ao CNPq, IG-UnG pelo suporte e custeio nas diversas etapas de confecção da presente dissertação.

ÍNDICE

I – Resumo	viii
Abstract	x
II – Considerações gerais	1
1 – Introdução	1
2 – Localização e fisiografia	1
3 – Justificativa e objetivos	2
4 – Métodos.....	3
5 – Escopo do estudo	3
III – MAGMATISMO E EVOLUÇÃO METAMÓRFICA DO COMPLEXO ANÁPOLIS-ITAUÇU NA REGIÃO DE DAMOLÂNDIA, GO	5
1. Introdução	5
2. Geologia regional.....	5
2.1. O Complexo de Damolândia – dados anteriores.....	9
3. Procedimentos analíticos.....	10
3.1. Análises de Microsonda.....	10
3.2. Análise litogeoquímica de rocha total	11
4. Resultados	11
4.1. Geologia e petrologia do Complexo de Damolândia	11
4.1.1. Zona Ultramáfica	12
4.1.2. Zona Máfica	13
4.1.3. Granulito a Dois Piroxênios	17
4.1.4. Granada-hedembergita Granulito	17
4.2. Química mineral.....	18
4.2.1. Óxidos e sulfetos.....	20
4.2.2. Silicatos	22
4.3. Litogeoquímica	32
4.4. Elementos traço.....	36
5. Geotermobarometria do granada-hedembergita granulito	38
5.1. Granada-hedembergita granulito	39
5.2. Geotermômetros convencionais	40
5.2.1. Granada-clinopiroxênio	40

5.2.2. Aplicação dos geotermômetros convencionais	42
5.3. Geobarômetros convencionais	46
5.3.1. Granada-piroxênio-plagioclásio-quartzo... ..	46
5.4. Geotermobarometria otimizada (THERMOCALC).	51
6. Discussão... ..	54
6.1. Estrutura magmática	54
6.2. Composição do magma parental	56
6.3. Contexto petrotectônico do Complexo de Damolândia	57
6.4. Metamorfismo das rochas magmáticas do Complexo de Damolândia	59
6.5. Implicações para a evolução da Faixa Brasília	61
IV – CONCLUSÕES	67
Agradecimentos	68
Referências.....	68
ANEXOS	I
Anexo I - Resultados de química mineral (análises de microsonda) – olvina (ol), ortopiroxênio (opx), clinopiroxênio (cpx), plagioclásio (plg), granada (grt), biotita (bt), hialofana (hy), pirrotita (po), pentlandita (pn), pirita (py), calcopirita (calc), cromita (chr) e ilmenita (ilm) do Complexo Máfico-Ultamáfico Acamadado de Damolândia	I

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa simplificado da localização da área de estudo com as principais vias de acesso...	2
Figura 2: a) Mapa regional simplificado da Faixa Brasília, na porção leste da Província Tocantins (modificado de Della Giustin et al, 2009a); e b) mapa geológico da porção central do Complexo Anápolis-Itauçu com ênfase para a área de estudo (modificado de Piuzana et al, 2003a).	8
Figura 3: Geologia do Complexo de Damolândia (de um trabalho não publicado pela International Nickel Venture Ltd., retirado de Della Giustina, 2010).	10
Figura 4: a) Harzburgito da Zona Ultramáfica do furo de sondagem FSDM07; b) fotomicrografia do harzburgito com olivina cumulática inclusa <i>oikocrist</i> de ortopiroxênio; c) norito da Zona Máfica de Base do furo de sondagem FSDM07; d) fotomicrografia do norito com grãos reliquiar de clinopiroxênio cumulático e plagioclásio; e) gabronorito tardio da Zona Máfica de Topo do furo de sondagem FSDM07; f) fotomicrografia do gabronorito tardio evidenciando a granulação fina e foliação pervasiva marcada pelos filossilicatos e anfibólios; g) piroxenito trasicional entre a Zona Ultramáfica e Máfica do furo de sondagem FSDM07 evidenciando o xenólito que ocorre nessa porção; h) fotomicrografia do xenólito evidenciando a mineralogia exótica às demais rochas do complexo, com hialofana e cianita, possivelmente como produtos de metassomatismo... ..	15
Figura 5: i) Piroxenito de transição entre a Zona Ultramáfica e Máfica onde os sulfetos disseminados são mais abundantes (do furo de sondagem FSDM07); j) foto da sessão polida do piroxenito evidenciando os grãos de pirrotita, que compõem a fase sulfetada predominante, de granulação media a grossa com inclusões de calcopirita e pirita e exsoluções (<i>flames</i>) de pentladita; k) fotomicrografia de cromita com exsolução de titânio cumulática mais abundante na Zona Ultramáfica; l) fotomicrografia do zircão acessório no gabronorito tardio da Zona Máfica de Topo evidenciando as duas gerações de ilmenita observadas, sendo uma inclusa no zircão e outra acompanhando a foliação; m) detalhe da ilmenita com exsolução de hematita inclusa no zircão; n) fotomicrografia do granada-hedembergita granulito evidenciando a textura granoblástica da associação mineralógica do pico do metamorfismo granada + hedembergita + anortita; o) imagem do microscópio eletrônico de varredura evidenciando as coronas de reação entre a granada e o clinopiroxênio (hedembergita); e p) imagem do microscópio eletrônico de varredura do granada-hedembergita granulito evidenciando a intrínseca relação entre a granada e o clinopiroxênio... ..	16
Figura 6: Comparação dos teores de Mg#, Fo (%), En (%) e An (%) calculados com base em dados de microsonda eletrônica para as fases minerais e Ni (ppm), Na ₂ O + K ₂ O (wt%), La/Yb (ppm), Gd/Yb	

(ppm) e S (%) calculados com base nos dados de rocha total, versus a estratigrafia do Complexo de Damolândia proposta por Della Giustina et al (2011a). ZU = Zona Ultramáfica, ZMB = Zona Máfica de Base e ZMT = Zona Máfica de Topo.	18
Figura 7: Variação dos teores de Fo (%) versus os teores de Ni (ppm) para as rochas do Complexo de Damolândia. A linha pontilhada representa o trend composicional para a olivina de complexos acamadados (Simkin and Smith, 1970).....	19
Figura 8: Perfil composicional de olivina reliquiária de um harzburgito da Zona Ultramáfica do Complexo de Damolândia.....	23
Figura 9: Gráfico do MgO (wt%) versus os teores de Fo (%) das rochas ultramáficas e máficas do Complexo de Damolândia.....	23
Figura 10: Gráfico de caracterização de ortopiroxênio do Complexo de Damolândia e do granulito regional. Os círculos pontilhados separam o ortopiroxênio das porções preservadas e das porções recristalizadas, tanto para as rochas da Zona Máfica quanto Ultramáfica.....	24
Figura 11: Perfis composicionais de ortopiroxênio do Complexo de Damolândia a) piroxenito; b) harzburgito e c) granulito regional.....	25
Figura 12: a) Gráfico de variação dos teores de MgO (wt%) versus FeO (wt%) para as rochas do Complexo de Damolândia e; b) variação dos teores de En (%) versus FeO (wt%). Os gráficos evidenciam a variação desses teores tanto para as porções preservadas quanto para as recristalizadas.	25
Figura 13: Perfis composicionais de clinopiroxênio do Complexo de Damolândia a) piroxenito e b) granulito regional.....	26
Figura 14: Figura 14: a) gráfico de caracterização de clinopiroxênio das rochas do Complexo de Damolândia e do granulito regional; b) gráfico de caracterização de clinopiroxênio do granada-hedembergita granulito.	27
Figura 15: a) Gráfico dos valores de Al ₂ O ₃ (wt%) versus CaO (wt%); e b) En (%) versus CaO (wt%) evidenciando a diferença desses valores entre as porções preservadas e as recristalizadas para o granulito regional, o granada-hedembergita granulito e as rochas do Complexo de Damolândia	27
Figura 16: a) Gráfico de caracterização de plagioclásio do granada-hedembergita granulito; e b) das rochas do Complexo de Damolândia.....	28
Figura 17: Gráfico da variação dos teores de An (%) versus a profundidade das rochas analisadas	28
Figura 18: a) Gráfico de Cl apfu versus Mg#; e b) TiO ₂ (wt%) versus FeO (wt%), evidenciando a diferença entre a biotita nas rochas do Complexo de Damolândia e o granulito regional.....	29
Figura 19: Gráfico de caracterização de hialofana e das trocas catiônicas observadas nesses minerais.	

Os Campos cinza no triângulo composicional são estimativas da quantidade de solução sólida nos feldspatos em diferentes fácies metamórficas, sendo os limites cinza-escuros referentes a fácies anfibolito inferior à intermediário e a cinza-claro referente a fácies anfibolito superior a granulito (retirado dos limites apresentados em Essene et al (2005))... 30

Figura 20: Perfil composicional de granada do granada-hedembergita granulito (amostra DM19) analisado.31

Figura 21: Gráfico dos teores da molécula de grossulária (%) versus as moléculas de almandina e andradita (%). 31

Figura 22: Gráficos de MgO versus o conteúdo dos elementos maiores para as rochas do Complexo de Damolândia. Os dados aqui apresentados foram retirados das análises geoquímicas de rocha total apresentados na tabela 1. Os campos utilizados para as delimitação das fases cumuláticas predominantes e das *tie-lines* foram confeccionadas a partir de uma média dos valores para os respectivos minerais observados no Complexo de Damolândia..... 34

Figura 23: MgO versus o conteúdo dos elementos menores e gráficos de Al₂O₃ – CaO para as rochas do Complexo de Damolândia. Os campos utilizados para as delimitação das fases cumuláticas predominantes e das *tie-lines* foram confeccionadas a partir de uma média dos valores para os respectivos minerais observados no Complexo de Damolândia..... 35

Figura 24: a) Perfis de elementos terras-rara (REE) das rochas máficas Complexo de Damolândia normalizados pelo condrito; b) rochas ultramáficas; c) granulito regional. Os valores foram comparados aos de Americano do Brasil (Mota e Silva, 2009; Mota e Silva et al., 2011). Os dados foram normalizados a partir da tabela 1. Os valores padrões dos condritos normalizados foram retirados de Sun and McDonough (1989)..... 36

Figura 25: a) Perfis de alteração dos elementos traço normalizados pelo manto primitivo das amostras das rochas máficas do Complexo de Damolândia; b) rochas ultramáficas; c) granulito regional. Os valores foram comparados aos do Complexo Americano do Brasil (Mota e Silva, 2009; Mota e Silva et al., 2011). Os dados foram normalizados a partir da tabela 1 e os valores de normalização do manto primitivo são de Sun and McDonough (1989)..... 37

Figura 26: a) Teores da fração molar de Ca (X_{Ca}) das granada versus as temperatura (°C) obtidas com o geotermômetro de Ellis & Green (1979) e b) Ravna (2000); c) teores da fração molar de Mn (X_{Mn}) da granada *versus* as temperaturas obtidas com o termômetro de Ravna (2000)... 45

Figura 27: a) Variação das temperaturas calculadas com os termômetros de Ellis & Green (1979); e b) Ravna (2000), ao longo do perfil composicional da granada46

Figura 28: Gráfico do cálculo das pressões por meio das curvas de logK (modificado de Essene, 1989)

.....	48
Figura 29: a) Variação das pressões calculadas com o barômetro de Moecher et al (1988) para as temperaturas de Ellis & Green (1979); e b) Ravna (2000).	49
Figura 30: a) Variação das temperaturas e pressões calculadas com o geobarômetro de Moecher et al (1988) e o termômetro de Ellis & Green (1979) e b) Ravna (2000).	50
Figura 31: Teores de X_{Ca} das granada <i>versus</i> as pressões calculadas com o geobarômetro HD de Moecher et al (1988) para as pressões de Ellis & Green (1979) e b) Ravna (2000).	51
Figura 32: a) Valores de pressão (P) <i>versus</i> temperatura (T) para os dados obtidos com o <i>software</i> THERMOCALC no modo avPT; e b) avP e avT.	53
Figura 33: a) Variação das pressões no modo avP com o <i>software</i> THERMOCALC; e b) variação das temperaturas calculadas no modo avT com o <i>software</i> THERMOCALC.	53
Figura 34: Comparação entre a) perfil composicional da granada do granulito UHT <i>versus</i> b) variação das temperaturas calculadas com o THERMOCALC pelo método avT (°C).	54
Figura 35: Gráfico das razões de Ta/Yb <i>versus</i> Th/Yb evidenciando a variação nas assinaturas das rochas do Complexo de Damolândia e o granulito regional analisado.	59
Figura 36: Variações das datações de U-Pb para as rochas do CD e os granulitos máficos regionais (gráfico confeccionado com os dados publicados por Della Giustina et al, 2012).	63
Figura 37: Gráfico de variação dos valores de Hf observados para as rochas do CD e para os granulitos máficos regionais descritos no presente trabalho (gráfico confeccionado com os dados publicados por Della Giustina et al, 2012).	64
Figura 38: Resumo das idades e temperaturas registradas no Complexo Anápolis-Itaçu e no Complexo de Damolândia. 1 – o presente trabalho; 2 – Moraes et al (2002); 3 – Della Giustina et al (2012); 4 - Moraes (2013); 5 - Miranda et al (2015); 6 – Piuzana et al (2002); 7 - Mota e Silva et al (2011); 8 – Della Giustina et al (em preparação); 9 – Macedo (2016).	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Análises de rocha total do Complexo de Damolândia. Gbr = gabro, Nrt = norito, Opxt = ortopiroxenito, Hzb = harzburgito, Gbrnrt = gabronorito e GR = granulito regional	33
Tabela 2: Dados experimentais de sistemas químicos naturais e sintéticos com grt-cpx coexistentes utilizados na calibração do termômetro de Ravna (2000) (retirado de Ravna (2000)).	43
Tabela 3: Valores das temperaturas obtidos para os geotermômetros convencionais de Ellis & Green	

(1979) e Ravna (2000) em pressões de 9, 10 e 11 kbar (Baldwin et al, 2005; Moraes et al, 2002).....	44
Tabela 4: Valores de pressões calculadas com o geobarômetro de Essene (1989) com as temperaturas calculadas com o geotermômetro de Ellis & Green (1979) e Ravna (2000), respectivamente.....	50
Tabela 5: Cálculo das pressões e temperaturas da rocha UHT por meio dos métodos avP, avT e avPT com o software THERMOCALC v3.33.....	52
Tabela 6: Resumo das fases minerais observadas no Complexo de Damolândia, no granulito regional e no granada-hedembergita granulito nas porções ígneas preservadas, nas porções recristalizadas e no xenólito que apresenta evidências metassomáticas. CD = Complexo de Damolândia e GR = granulito regional	61
Tabela 7: Valores dos isótopos de O verificados no gabronorito tardio (DM 16) e no granulito regional (DM 20) (Della Giustina et al, 2012).....	63
Tabela 8: Resumo das associações minerais UHT descritas por Moraes et al (2002), Baldwin et al (2005) e no presente trabalho e condições P-T calculadas para as respectivas associações	66

I – RESUMO

O Complexo de Damolândia (CD) está inserido no contexto geológico do extensivo magmatismo máfico-ultramáfico observado no Complexo Anápolis-Itaçu (CAI). O CD já foi anteriormente descrito e o presente trabalho tem como objetivo principal a descrição e caracterização ígnea e metamórfica detalhada do CD. O CD ocorre como um corpo máfico-ultramáfico acamadado pobremente exposto, com cerca de 15 km² e *trend* EW. Amostras obtidas em furo de sondagem (FSDM07) revelam tanto textura quanto mineralogia ígnea primária preservadas no CD e metamorfismo heterogêneo superimposto, mais evidente nos protólitos máficos. A estratigrafia do CD consiste na Zona Ultramáfica ocupando posição central encapsulada pela Zona Máfica de Base e de Topo. As rochas ultramáficas são compostas predominantemente por intercalação de olivina ortopiroxenito (cumulatos de Ol + Opx), ortopiroxenito (cumulatos de Opx + Cpx + Ol) e harzburgito (cumulatos de Ol + Chr ± Opx). As rochas máficas são compostas principalmente por gabro (cumulatos de Opx + Cpx e Plg intresticial), norito (cumulatos de Opx ± Cpx e Plg intersticial) e gabronorito tardio (Opx + Cpx + Bt + Plg granoblásticos). O gabronorito tardio representa a rocha mais fracionada do CD no qual o metamorfismo superimposto do CD é mais evidente e contém ilmenita e zircão como importantes fases acessórias. Sulfetos disseminados são observados ao longo de todo o CD, tanto nas porções com as texturas e mineralogias ígneas primárias preservadas quanto nas porções recristalizadas e apresentam mineralogia consistente com cristalização a partir de solução sólida sulfetada homogênea (*Monosulfide Solid Solution* - MSS) típica. A principal fase sulfetada é pirrotita e de maneira secundária calcopirita e pirita, ocorrendo principalmente como inclusões e pentlandita como exsoluções em pirrotita. Poucos grãos isolados de calcopirita e pirita são observados, normalmente anédricos e nas porções recristalizadas, enquanto que pentlandita ocorre exclusivamente como exsoluções (*flames*) em pirrotita, não tendo sido observados grãos bem formados. A pirita é interpretada como sendo produto da recristalização, já que não é fase sulfetada comum à mineralogia MSS típica observada. Os sulfetos são mais notavelmente observados no piroxenito e norito transicional entre a Zona Ultramáfica e a Zona Máfica. Óxidos, cromita e ilmenita, também ocorrem disseminados ao longo do CD. Cromita é mais restrita ao harzburgito da Zona Ultramáfica enquanto que ilmenita é mais abundante no gabronorito tardio da Zona Máfica. Variação nos teores composicionais dos cúmulus de Ol nas rochas ultramáficas (Fo₈₂₋₈₉) suporta a interpretação de magma parental primitivo para o CD. O modelamento geotermobarométrico feito para um granulito regional observado em contato com o CD revela que o metamorfismo alcançou condições de temperatura ultra-alta (UHT) pontualmente em relação ao CD, o que já havia sido descrito anteriormente para outras regiões do CAI. O granada-hedembergita granulito, descrito e modelado no presente estudo, com temperatura e pressão de ~940 °C e 9,6 kbar,

respectivamente, é interpretado como sendo resultado de metamorfismo UHT, provalvemente em função de acréscimo de calor fornecido pela intrusão máfico-ultramáfica do magma que gerou o CD. Datações anteriores revelam idades de, ~670 Ma, interpretadas como sendo referente à cristalização dessas rochas. Tais idades revelam-se mais antigas do que previamente estabelecido para a Suíte Americano do Brasil (~630 Ma) e, conseqüentemente, o CD representa um episódio magmático anterior na Faixa Brasília, associado no espaço e no tempo ao metamorfismo de alto grau do CAI.

ABSTRACT

The Damolândia Complex (DC) occurs within the geological context of the extensive mafic ultramafic magmatism observed in the Anápolis-Itauçu Complex (AIC). The DC has already been previously described and the goal of the present work is the detailed igneous and metamorphic description and characterization of the DC. The DC is as a layered mafic ultramafic poorly exposed body with approximately 15 km² and a EW trend. A drill hole (FSDM07) reveals that the primary igneous texture and mineralogy are preserved in the DC with a heterogeneous superimposed metamorphism, significantly more evident in the recrystallized portions of the rocks and in the late gabronorite. The DC stratigraphy consists of a Ultramafic Zone in the center rocks encapsulated by the Mafic Zone. The ultramafic rocks are composed predominantly by interlayered olivine orthopyroxenite (Ol + Opx cumulates), orthopyroxenite (Opx + Cpx + Ol cumulates) and harzburgite (Ol + Chr ± Opx cumulates). The mafic rocks are composed predominantly by gabro (Opx + Cpx cumulates + Plg intercumulates), norite (Opx + Cpx cumulates + Plg intercumulates) and late stage gabronorite (granoblastic Opx + Cpx + Bt + Plg). The late stage gabronorite represents the most fractionated rocks in the DC where the superimposed metamorphism in the DC is more pronounced and contain ilmenite and zircon as important accessory phases. Sulfides occur disseminated throughout the DC and are characterized by a typical Monosulfide Solid Solution (MSS) mineral association. The main sulfide phase observed is pyrrhotite with calcopyrite, pentlandite and pyrite occurring mainly as exsolutions and inclusions in the pyrrhotite grains. Few isolated grains of calcopyrite and pyrite are observed throughout the Complex and occur generally as small rounded grains in the recrystallized portion of the rocks, while pentlandite occurs exclusively as exsolutions (flames) in pyrrhotites and no well formed isolated grains were observed. The pyrite is interpreted as being a product of recrystallization, since it is not a common sulfide phase observed in MSS. The sulfides are more notably observed in transitional orthopyroxenite and norite from the Ultramafic Zone to the Mafic Zone. Oxides also occur disseminated throughout the DC, more noticeably chromite and ilmenite. Chromite is more abundant in harzburgite from the Ultramafic Zone while ilmenite is more abundant in the late stage gabronorite from the Mafic Zone. Variation in the compositional values of cumulus Ol in the ultramafic rocks (Fo₈₂₋₈₉) supports the interpretation of a primitive parental magma for the DC. The geothermobarometric modeling conducted for one of the regional granulites in contact with the DC reveals that the superimposed metamorphism reached ultrahigh temperature (UHT) conditions in certain portions of the AIC, which has already been previously described for the AIC. The garnet-hedenbergite granulite, described in the present study, yielded temperature and pressures of ~940 °C and 9,6 kbar, respectively and is interpreted as resulting from metamorphism that reached UHT conditions, probably as a result from the ascension

of the magma that generated the DC. Ages of ~670 Ma previously published for the DC were interpreted as the cristalization age for these rocks and when it is compared to the age published for the Americano do Brasil Complex, it is possible to imagine that the DC was generated during a previous/concomitant moment to the third magmatic episode described for the Arenópolis Magmatic Arc, during the final stages of generation of the Brasília Belt.

II – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 - Introdução

A presente dissertação de mestrado é resultado de pesquisas realizadas no Complexo Máfico-Ultamáfico Acamadado de Damolândia (CD), inserido no Complexo Anápolis-Itauçu (CAI) no Estado de Goiás. Este trabalho tem como objetivo principal contribuir com o entendimento da evolução e gênese do magmatismo máfico-ultramáfico da Faixa Brasília. Foram empregadas múltiplas ferramentas como: descrição de furo de sondagem, petrografia de detalhe, geoquímica de rocha total e análises de microsonda, tanto em silicatos quanto em sulfetos e óxidos.

A Faixa Brasília constitui um dos orógenos neoproterozóicos de maior exposição, porém vários aspectos fundamentais para o entendimento de sua evolução tectônica e, conseqüentemente, para a formação do Gondwana ainda permanecem desconhecidos, tanto do ponto de vista petrológico, quanto geocronológico.

Uma das principais questões pertinentes a esse orógeno reside na compreensão do volumoso magmatismo máfico neoproterozóico, revelado na forma de uma série de intrusões máfico-ultramáficas (MUM) acamadadas que se distribuem ao longo do Arco Magmático de Goiás (AMG) e no domínio do CAI e que são inseridos na Suíte Americano do Brasil, com idade de cristalização estimada em ca. 640-630 Ma (Laux et al., 2004; Mota e Silva, 2009; Mota e Silva et al., 2011).

Os complexos de Damolândia, Taquaral e Goianira-Trindade representam intrusões máfico-ultramáficas inseridas no domínio do CAI. Trata-se de corpos acamadados de diferentes dimensões, com variado grau de superimposição do metamorfismo granulítico e que apresentam idades de cristalização mais antigas, em torno de 670 Ma (Della Giustina et al., 2011a), o que demonstra que diferentes episódios magmáticos podem ter sido responsáveis pelas intrusões máficas acamadadas observadas na Faixa Brasília (Pimentel et al., 2000; Piuzana et al, 2003a; Della Giustina et al, 2011a).

2 - Localização e Fisiografia

A área de pesquisa é composta pelo Complexo de Damolândia, localizado na porção centro-oeste do Estado de Goiás, próximo às cidades de Inhumas e Damolândia e a aproximadamente 260 km de Brasília. As principais vias de acesso são BR060 e BR070 (figura 1). A região do complexo apresenta-se como relativamente plana, com poucos afloramentos pontilhando o cerrado. Mapeamentos anteriores conduzidos pela International Nickel Venture Ltd. foram confirmados principalmente por geoquímica de solo.

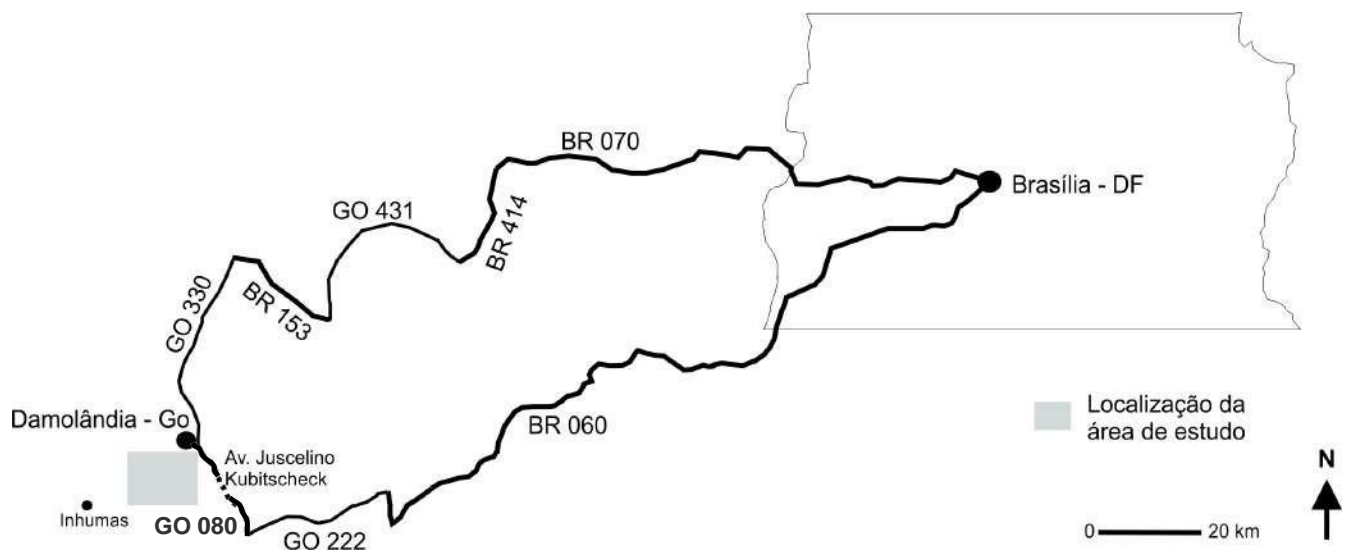


Figura 1: Mapa simplificado da localização da área de estudo com as principais vias de acesso.

3 - Justificativa e Objetivos

Esse estudo tem como objetivo apresentar e discutir informações geológicas de detalhe – petrológicas, litogeoquímicas e de química mineral – que permitam a caracterização do Complexo de Damolândia no contexto do magmatismo máfico-ultramáfico da Faixa Brasília. O trabalho anterior publicado providencia essencialmente dados geocronológicos do Complexo de Damolândia (Della Giustina *et al.*, 2011).

Porém, ainda não há no CD um estudo sistemático visando a definição da estratigrafia magmática e a caracterização de aspectos petrogenéticos e metalogenéticos associados a este corpo, bem como dos efeitos da superimposição do metamorfismo de alto grau durante o fechamento final da Faixa Brasília.

Os dados obtidos durante o desenvolvimento do projeto serão comparados às informações disponíveis na literatura para demais intrusões acamadadas da Faixa Brasília, em especial o Complexo de Americano do Brasil (CAB), datado em ca. 630 Ma (Laux *et al.*, 2004; Mota e Silva, 2009; Mota e Silva *et al.*, 2011). Recentes datações U-Pb em zircão nos complexos de Damolândia, Taquaral e Goianira-Trindade revelaram idades de cristalização ígnea em torno de 680-670 Ma, mais antigas do que anteriormente proposto para o magmatismo máfico-ultramáfico no domínio do Complexo Anápolis-Itauçu. Assim, o estudo petrogenético detalhado do CD permitirá discutir não somente a natureza da intrusão, mas também a hipótese de que esse corpo seja representante de episódio magmático distinto do que previamente descrito na Faixa Brasília e um pico metamórfico mais antigo.

Por fim, por estar inserido no CAI, o estudo do CD contribuirá também para melhor entendimento da evolução geotectônica da Faixa Brasília.

4 - Métodos

A princípio foi realizada revisão bibliográfica de artigos e teses tanto nacionais quanto internacionais. Análises detalhadas foram desenvolvidas com estudos petrográficos em lâminas delgadas/seções são de amostras do furo de sondagem, coletadas de forma a representar toda a estratigrafia magmática do CD das rochas do complexo e de suas encaixantes imediatas, o que permitiu o estudo detalhado das rochas da área de estudo. Análises de microsonda foram conduzidas em sete das dezoito lâminas e nas duas seções polidas.

A amostra DM 06B foi trabalhada no Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (IG/UnB) a fim de confeccionar as duas seções polidas que foram então descritas, utilizando os microscópios da mesma instituição. Os sulfetos observados no CD são pirrotita, calcopirita, pentlandita e pirita. De maneira mais restrita, foram observados óxidos (cromita e ilmenita). Análises de química de mineral utilizando microsonda eletrônica foram efetuadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade de Brasília com o equipamento JEOL JXA- 8230. De forma sistemática foram analisados minerais ígneos reliquiares bem como recristalizados, dentre os quais olivina, ortopiroxênio, clinopiroxênio, plagioclásio, feldspato, sulfetos e óxidos. Os dados foram tratados por meio tanto da planilha eletrônica Excel quanto do LibreOffice Calc e a versão integral se encontra no Anexo 1.

A preparação das amostras para análise de litogeoquímica foi realizada no moinho da Universidade de Brasília e a escolha foi feita de tal forma que a representatividade do CD fosse mantida. Oito amostras foram enviadas aos laboratórios ACME e foram analisadas pelo método convencional do laboratório para elementos maiores e menores, bem como para elementos traço.

5 - Escopo do Estudo

O trabalho de pesquisa do mestrado em questão consiste na caracterização petrológica de detalhe do Complexo de Damolândia, uma intrusão máfica-ultramáfica acamadada localizada na porção interna da Faixa Brasília. A pesquisa está inserida no Projeto Integrado de Pesquisa “**Petrologia e Geocronologia de complexos máficos- ultramáficos acamadados do Arco Magmático de Goiás**”

Meridional e implicações para a evolução da Faixa Brasília (Edital MCT/CNPq Universal 2014, #455198/2014-4), coordenado pela orientadora deste mestrado, a Professora Dra. Maria Emília Schutesky Della Giustina.

III – MAGMATISMO E EVOLUÇÃO METAMÓRFICA DO COMPLEXO ANÁPOLIS-ITAUCU NA REGIÃO DE DAMOLÂNDIA, GO

1. Introdução

Estudos sistemáticos do Complexo Anápolis-Itaçu (CAI) têm demonstrado a existência de diversos complexos máfico-ultramáficos inseridos em seu contexto. Além de terrenos granulíticos terem sido submetidos a condições metamórficas extremas, alcançando metamorfismo UHT (Moraes et al, 2002; Baldwin et al, 2005). O fato de rochas que atingem o pico UHT no CAI estarem aparentemente associados ao extenso magmatismo máfico que ocorreu na região sugere que há correlação entre esses dois fenômenos.

O Complexo de Damolândia (CD) faz parte do arcabouço de complexos máfico-ultramáficos inseridos no CAI. O presente estudo tem como proposta o detalhamento desse complexo, tanto petrologicamente quanto geoquimicamente e com o modelamento de rochas UHT observados em sua proximidade. Para que tal empreitada fosse bem sucedida foram empregadas várias ferramentas, dentre as quais pode se citar descrição de furos de sondagem, petrografia, geoquímica de rocha total e extensiva e análises de microsonda. Os resultados serão apresentados em tópicos e sub tópicos individualizados dentro de quatro capítulos.

2. Geologia Regional

O Complexo máfico-ultramáfico acamadado de Damolândia (CD) está inserido no Complexo Anápolis-Itaçu, na porção SE da Faixa Brasília (figura 2). A Faixa Brasília é um orógeno de idade neoproterozóica, formado pela convergência de três blocos continentais no fim do Neoproterozóico: o Cráton Amazônico a oeste, o Cráton do São Francisco a leste e o Cráton Paranapanema, que se encontra atualmente recoberto pelas rochas fanerozóicas da Bacia do Paraná, localizada ao sul da Faixa Brasília (Pimentel et al., 2000; Valeriano et al., 2008). A Faixa Brasília pode ser dividida em quatro porções: (i) na porção oriental encontra-se um cinturão de dobras de sequências metassedimentares neoproterozóicas que se formaram ao longo da margem oeste do Cráton do São Francisco; o metamorfismo é progressivamente mais elevado em direção a oeste, alcançando fácies anfibolito (Campos Neto & Caby, 2000; Dardenne, 2000; Seer et al., 2000, 2001); (ii) na porção ocidental encontra-se o arco neoproterozóico (Arco Magmático de Goiás) constituído de sequências vulcano-sedimentares e gnaisses de composição tonalítica/granodiorítica (Pimentel & Fuck 1992; Pimentel et al., 1991, 1997, 2000); (iii) na porção central da Faixa Brasília encontra-se o Complexo Anápolis-Itaçu, denominado o núcleo metamórfico da Faixa Brasília, composto de rochas de alto grau

metamórfico e, pontualmente, granulitos UHT, como os descritos por Moraes et al (2002) e Baldwin et al (2005); (iv) o Maciço de Goiás, interpretado como sendo um microcontinente/terreno exótico acrescido ao orógeno no final do Neoproterozóico (Pimentel et al., 2000). As associações supracrustais na porção sul da faixa são marcadas por empurrões regionais que apresentam vergência para leste, em direção a plataforma do São Francisco-Congo (Pimentel et al., 2000, 2011).

O Arco Magmático de Goiás (AMG), na porção oeste, interpretado por vários autores (Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel et al., 1991, 1997; Junges et al., 2002) como sendo representante de crosta formada entre 900 e 630 Ma durante a convergência de placas. O AMG é descrito como sendo constituído por duas seções, individualizadas pelo Maciço de Goiás: Arco de Mara Rosa ao norte e Arco de Arenópolis ao sul. Dados isotópicos e geocronológicos mostram que a atividade ígnea no AMG se deu em três estágios principais (Pimentel et al., 1991; Pimentel & Fuck, 1992; Laux et al., 2005; Pimentel, 2016): (i) entre 900 e 800 Ma, em ambiente intraoceânico composto por rochas tonalíticas da série da magnetita; (ii) entre 790 e 786 Ma, caracterizado pela geração de muscovita metagranitóides peraluminosos; e (iii) entre 660 e 600 Ma, representado pelo gnaiss metaluminoso Matrinxã, interpretado como sendo a expressão de margem continental ativa nos estágios finais de geração da Faixa Brasília. Junges et al. (2002) descrevem que as rochas do AMG foram submetidas a metamorfismo no fácies xisto verde superior a anfíbolito, mas ainda retendo suas principais características geoquímicas e isotópicas.

Diversas intrusões de caráter máfico-ultramáfico ocorrem no AMG e estão inseridas na Suíte Americano do Brasil, de caráter sinorogênico, com idades variando de 630 a 600 Ma. A suíte foi definida em corpo homônimo inicialmente descrito por Metago (1978) e Nilson et al. (1986) e posteriormente detalhado por Mota e Silva (2009). O complexo de Americano do Brasil (CAB) consiste de sequência de rochas máficas e ultramáficas acamadadas, com cerca de 12 km de extensão e 3 km de largura, segundo *trend* EW, e subdividido em duas sequências principais: norte e sul. A sequência norte é descrita como sendo composta por rochas cumuláticas ultramáficas (dunito, wehrlito, lherzolito e websterito) e, de maneira mais restrita, rochas cumuláticas máficas (gabronorito). Nesta sequência localiza-se o corpo de minério S2, um nível concordante de sulfetos maciços a semi maciços. A sequência sul é composta por cumalatos máficos (gabronorito) com intercalação de cumalatos ultramáficos (websterito e lherzolito). Nesta porção foram mapeados os corpos de minério S1 e G2, que consistem em *cluster* de corpos sulfetados cilíndricos e uma sequência sulfetada concordante com a sequência sul, respectivamente. Mota e Silva (2009) e Mota et al (2011) propõem que o magma parental deste complexo apresenta afinidade toleítica e que o mesmo foi extraído de manto empobrecido em ambiente tectônico extensional durante os estágios finais de atividade do Arco

Magmático de Arenópolis.

Em sua extremidade leste, o AMG é limitado por exposição alongada de aproximadamente 260 X 70 km de rochas de alto grau metamórfico, inseridas no Complexo Anápolis-Itaçu (CAI) (Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel et al., 1991, 1997; Pimentel et al., 2000; Piuzana et al., 2003a). O CAI é composto por (i) intrusões gabro-piroxeníticas; (ii) corpos de granodiorito e tonalito, ambos com texturas reliquiares parcialmente preservadas; e (iii) granulitos, representados principalmente por paragneisses aluminosos que contém granada e sillimanita, comumente associados com formações bandadas de Fe e Mn, sillimanita-granada e espinélio quartzito e grossulária-escapolita-diopsídio mármore.

Estudos geocronológicos e isotópicos (Piuzana et al., 2003a, b; Hollanda et al., 2003; Laux et al., 2005) sugerem que o CAI representa complexo metamórfico originado a partir de protólitos do Grupo Araxá e do AMG metamorfizados em fácies granulito. Moraes et al. (2002) e Baldwin et al. (2005) descrevem ainda associações minerais contendo safirina e quartzo em equilíbrio, portanto compatíveis com metamorfismo de condições de temperatura ultra alta (UHT) que pode ter ultrapassado os 1000 °C e 9 kbar. Datações U-Pb em zircão destes granulitos variam de 649 a 634 Ma (Baldwin & Brown, 2008). Para maior detalhamento sugere-se a leitura de Moraes et al. (2002), Baldwin et al. (2005) e Baldwin & Brown (2008).

Os complexos de Damolândia, Taquaral e Goianira-Trindade representam uma série de intrusões MUM inseridas no domínio do CAI (figura 2). Trata-se de corpos acamadados de diferentes dimensões, com variado grau de superimposição do metamorfismo granulítico. Della Giustina et al. (2011a) estudaram as ocorrências supracitadas, as quais eram anteriormente inseridas na Suíte Americano do Brasil, e revelaram idades mais antigas para este magmatismo, em torno de 670 Ma. Nessas rochas, apesar das texturas ígneas ainda permanecerem parcialmente preservadas, há intensa superimposição do metamorfismo de alto grau (especialmente no Complexo de Taquaral). Assim, este seria um episódio magmático anterior ao que havia sido previamente descrito na Faixa Brasília.

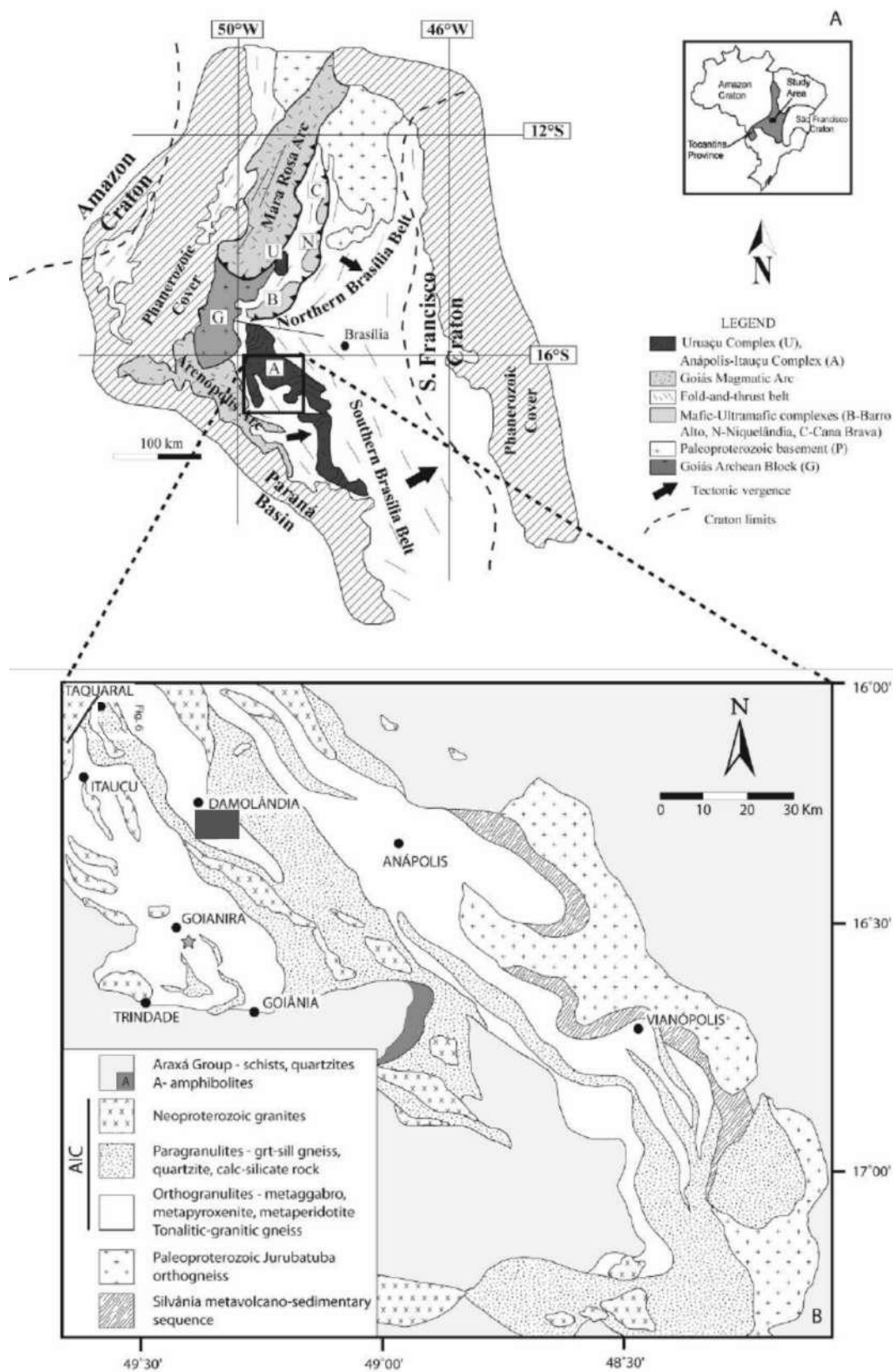


Figura 2: a) Mapa regional simplificado da Faixa Brasília, na porção leste da Província Tocantins (modificado de Della Giustina et al, 2011a); e b) Mapa geológico da porção central do Complexo Anápolis-Itaçu com ênfase para a área de estudo (modificado de Pizana et al., 2003a).

2.1. Complexo de Damolândia – dados anteriores

Estudos anteriores, como o mapeamento conduzido pela International Nickel Venture Ltd. em 2006-2008, com o objetivo de buscar alvos em potencial para exploração mineral de Ni-Cu(-PGE) na região, e o artigo publicado por Della Giustina et al. (2011a) fornecem descrições preliminares do CD. O CD é um corpo de tamanho mediano, cerca de 15 km², encaixado em gnaisses e granulitos de alto grau do CAI e apresenta afloramentos escassos ou muito alterados. Della Giustina et al. (2011a) revelam que tanto a mineralogia quanto a textura ígnea primária do complexo se apresentam, de maneira geral, preservadas. Descrevem as rochas do complexo como sendo compostas predominantemente por domínios de peridotito-piroxenito-norito acamadados associados a domínios de rochas máficas, compostos principalmente por gabro, gabronorito e norito. As principais fases cumuláticas observadas são ortopiroxênio + plagioclásio ± clinopiroxênio ± hornblenda e, de maneira mais restrita, flogopita. O peridotito e piroxenito são caracterizados por apresentar olivina + ortopiroxênio ± clinopiroxênio como fases cumuláticas e plagioclásio como principal fase intercumulus, com hornblenda e flogopita de maneira mais restrita. Com base nesses minerais, os autores propõem a seguinte sequência de cristalização para o CD

olivina + cromita
ortopiroxênio + cromita
ortopiroxênio
ortopiroxênio + plagioclásio
ortopiroxênio + plagioclásio + clinopiroxênio

O metamorfismo superimposto nestas rochas pode ser verificado em porções restritas do complexo, que apresentam tanto a textura quanto a mineralogia ígnea primária parcial a completamente substituídas, gerando porções de granulação fina (Della Giustina et al., 2011a). A associação mineralógica observada nestas porções res cristalizadas, plagioclásio + ortopiroxênio + clinopiroxênio ± anfibólio, é um indicador de que o reequilíbrio se deu em fácies granulito, como resultado de um metamorfismo regional (Della Giustina et al., 2011a).

Datação U-Pb em zircão de gabronorito do CD resultou em idades concordantes que se espalham pela curva da concordia de 670 até 590 Ma, sendo a idade mais antiga interpretada como representante da cristalização ígnea concomitante ao metamorfismo de alto grau. Por outro lado, sobre crescimento metamórfico em zircão de um granulito máfico a dois piroxênios, encaixante do complexo, revela idades similares, confirmando o caráter sin-tectônico da intrusão (Della Giustina 2010a; Della Giustina et al., 2011a).

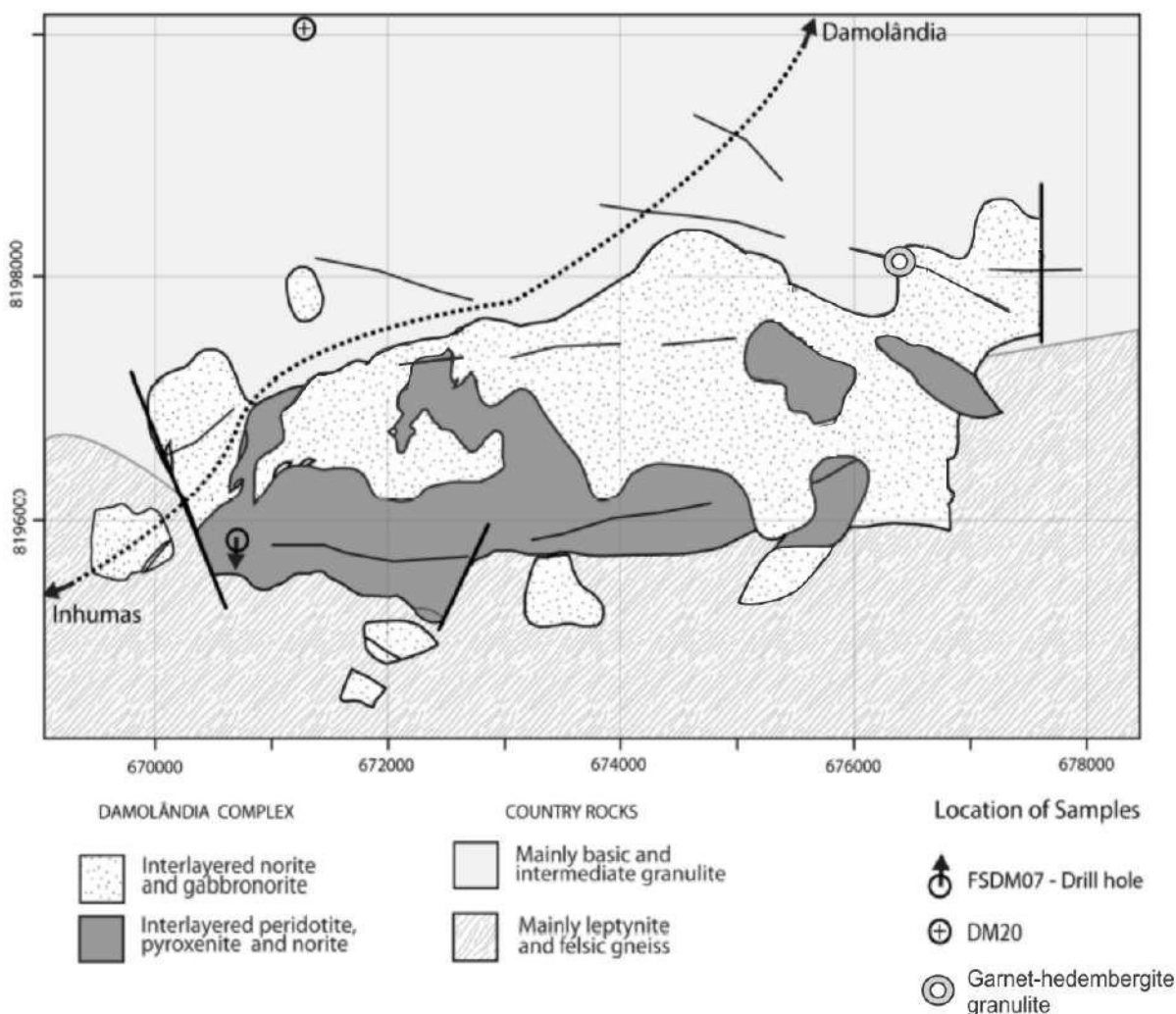


Figura 3: Geologia do Complexo de Damolândia (de um trabalho não publicado pela International Nickel Venture Ltd., modificado de Della Giustina, 2011a).

3. Procedimentos analíticos

3.1. Análise de microsonda

Análises minerais foram realizadas em lâminas delgadas polidas, usando um espectômetro-5 JEOL JXA-8230 SuperProbe no Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade de Brasília (Brasil). As análises de comprimento de ondas dispersivas foram conduzidas com voltagem de aceleração de 15 kV e corrente de 10 nA. Padrões tanto de minerais naturais quanto sintéticos foram utilizados e os mesmos procedimentos foram repetidos para todas as análises. Análises de microsonda foram feitas para olivina, ortopiroxênio, clinopiroxênio, plagioclásio, biotita, feldspato, pirrotita, calcopirita, pirita, pentlandita, ilmenita e cromita.

Por apresentar tanto texturas ígneas preservadas quanto recristalizadas, foram selecionados cristais de ambos os grupos representativos, tanto cumuláticos quanto intercumuláticos. Foram

analisadas oito lâminas delgadas e duas sessões polidas e, como um todo, foram analisados 56 grãos de olivina, 129 de ortopiroxênio, 51 de clinopiroxênio, 91 de plagioclásio, 19 de feldspato, 17 de biotita, 100 de pirrotita, 21 de calcopirita, 12 de pirita, 31 de pentlandita, 6 de cromita e 11 de ilmenita.

Além das análises realizadas em rochas do complexo, foram feitas análises de microsonda para amostras de granulitos regionais. Essas análises foram utilizadas para o modelamento geotermobarométrico parcial do Complexo de Damolândia, que será detalhado mais à frente. A amostra DM 19 apresenta mineralogia exótica. Nessa lâmina foram realizadas análises de 15 grãos de plagioclásio, 28 de granada e 7 de clinopiroxênio.

3.2. Análise litogeoquímica de rocha total

As análises litogeoquímicas foram realizadas pelos laboratórios AcmeLabs, localizados em Vancouver. Oito amostras foram selecionadas tanto das partes preservadas quanto das recristalizadas. As amostras foram fracionadas e pulverizadas e então 0,5 g de cada amostra foi dissolvida em aqua regia por uma hora e em seguida, foi diluída em 10 ml de água desmineralizada. Essa solução foi então analisada para elementos maiores e menores, bem como para 53 elementos traço utilizando o pacote Litho Acme AA (códigos: 4BWR, 1FMS E 3BFG). Como parte de seu padrão de controle foram inseridas duplicatas e análises padrões juntamente com as amostras do CD analisadas.

4. Resultados

4.1. Geologia e petrologia do Complexo de Damolândia

O presente estudo busca descrever em detalhe o Complexo Máfico-Ultramáfico Acamadado de Damolândia (CD). O Estudo anterior de Della Giustina et al. (2011a) descreve em parte a mineralogia do complexo mas tem como foco a datação dessas rochas. O mapa geológico aqui apresentado (figura 3) foi confeccionado durante o mapeamento do CD pela International Nickel-Venture Ltd. e foi apresentado originalmente no trabalho anteriormente citado.

Conforme já mencionado, o CD ocorre entre granulitos e gnaisses de alto grau do Complexo Anápolis-Itauçu (Della Giustina et al., 2011a). Apresenta-se como um corpo composto por rochas máfica-ultramáficas acamadadas com direção EW. Por se apresentar provavelmente exposto a mineralogia do complexo foi melhor detalhada pelo furo de sondagem FSDM07 (indicado na figura 3), pelas lâminas delgadas e sessões polidas confeccionadas a partir desse furo de sondagem.

4.1.1. Zona Ultramáfica

O furo de sondagem FSDM07 evidencia que a Zona Ultramáfica ocupa posição estratigráfica central. Consiste em uma sequência acamadada intercalada de harzburgito e piroxenitos (olivina piroxenito e ortopiroxenito), sendo que harzburgito é mais abundante na porção central da Zona Ultramáfica. Os piroxenitos, apesar de ocorrer intercaladamente com harzburgito, concentram-se no topo e na base da Zona Ultramáfica, encapsulando o harzburgito central. Esse encapsulamento fica bem marcado pela variação críptica nos teores de Fo e En, principalmente, que será detalhado no subitem de química mineral. De maneira semelhante, a transição da Zona Ultramáfica para a máfica não é abrupta mas sim gradual, marcada principalmente pela redução nos teores de Fo, En e An bem como por aumento na quantidade de plagioclásio (plg) intersticial em direção às rochas máficas.

A principal rocha que contém olivina (ol) é harzburgito, que consiste em cumulos de olivina, ortopiroxênio (opx) e, de maneira mais restrita, clinopiroxênio (cpx) e cromita (chr). A quantidade de olivina é variável do olivina ortopiroxenito (cumulos de ol + opx ± chr) ao ortopiroxenito (cumulos de opx + ol + ± chr ± cpx). Esses diferentes litotipos, harzburgito, olivina ortopiroxenito e ortopiroxenito, ocorrem em camadas intercaladas que podem chegar a até algumas dezenas de centímetros de espessura, mas que costumam ser mais discretas. As texturas ígneas primárias variam de meso a ortocumuláticas em harzburgito e piroxenitos. Harzburgito costuma apresentar grãos anedrais poiquilíticos e de granulação grossa de ortopiroxênio, englobando grãos anedrais de olivina, cercados por agregados de cristais euédricos de granulação média a grossa de olivina. Em contato abrupto com as porções onde mineralogia e textura ígnea se encontram preservadas ocorrem porções recristalizadas, com textura granoblástica e granulação que varia de média a fina. A associação mineralógica dessas porções recristalizadas é semelhante à observada nas porções preservadas. Os grãos de olivina se encontram amplamente preservados, apresentando pouca ou nenhuma serpentinização. A cromita ocorre como fase cumulática principalmente em harzburgito, mas também, em piroxenitos, o que sugere cristalização cotética.

Ortopiroxenito ocorre de maneira intercalada com as demais rochas ultramáficas, apresentando maior expressividade tanto em direção ao topo quanto à base da Zona Ultramáfica, dominada principalmente por harzburgito. Apresenta granulação média a grossa, com texturas variando de adcumuláticas a mesocumuláticas, sendo essa última caracterizada pela presença intersticial de plagioclásio e, de maneira mais restrita, de clinopiroxênio cumulático. Cromita também ocorre de maneira restrita, sendo fase acessória no ortopiroxenito, marcando a transição de cumulos de ortopiroxênio + cromita para cumulos de ortopiroxênio, tanto em direção ao topo quanto à base da Zona Ultramáfica.

Conforme mencionado, texturas e mineralogias ígneas primárias se encontram extensivamente preservadas. O metamorfismo superimposto é heterogêneo e caracterizado por porções recristalizadas de granulação fina em contato com as porções preservadas de granulação grossa. Raros cristais de ortopiroxênio e olivina se encontram totalmente substituídos e, portanto, pseudomorfos não são comumente observados. Olivina se encontra pouco serpentinizada e ortopiroxênio altera para cummingtonita e biotita, formando os raros pseudomorfos.

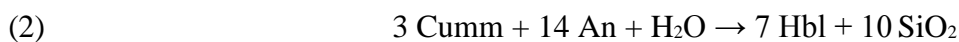
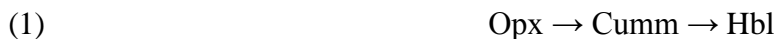
4.1.2. Zona Máfica:

As rochas máficas se encontram tanto no topo quanto na base do complexo, no contato com as encaixantes. A Zona Máfica pode ser separada em Zona Máfica de Base e Zona Máfica de Topo, serão tratadas individualmente. A Zona Máfica de Base é composta por camadas intercaladas de gabro e norito sendo esse último mais abundante na transição gradual da Zona Ultramáfica para a Zona Máfica de Base. Tanto o gabro quanto o norito são compostos por cumulos de ortopiroxênio ± clinopiroxênio e quantidades variáveis de plagioclásio intersticial nas porções com mineralogia e textura ígnea preservadas. Grãos poiquilíticos de ortopiroxênio e clinopiroxênio são comuns nas rochas máficas da base (figura 4d). Assim como ocorre na Zona Ultramáfica, porções recristalizadas ocorrem em contato com as porções preservadas. A associação mineralógica dessas porções recristalizadas se assemelha às associações observadas nas porções preservadas, com a diferença na granulação que nas porções recristalizadas é fina, bem como na ocorrência de biotita e anfibólios como produto de alteração das fases cumuláticas. Grãos de ortopiroxênio são parcial a totalmente substituídos por cummingtonita e biotita, porém isso ocorre de maneira mais restrita, sendo escassos pseudomorfos observados, assim como na Zona Ultramáfica. Na transição da Zona Ultramáfica para a Zona Máfica as fases sulfetadas são mais abundantes e proeminentes. Apresentam mineralogia *Mossulfide Solid Solution* (MSS) típica e granulação variando de fina (nas porções recristalizadas) a grossa (nas porções preservadas). Pirrotita é a principal fase sulfetada sendo que sua cristalização predomina sobre as demais. Pentlandita ocorre exclusivamente como exsoluções (*flames*) em pirrotita, não tendo sido observado qualquer grão isolado e bem formado ao longo do CD. Calcopirita ocorre principalmente como inclusão nas bordas da pirrotita, mas também como grãos isolados subarredondados a arredondados nas porções recristalizadas. Grãos isolados subarredondados a arredondados de pirrotita também são observados nas porções recristalizadas, mas apresentam pouca ou nenhuma exsolução de pentlandita. Óxidos como rutilo e ilmenita ocorrem como fase acessória, assim como zircão.

Na transição entre a Zona Ultramáfica e Máfica de Base se observa uma rocha de composição quartzo-aluminosa exótica às demais rochas do CD, que foi interpretada como sendo um xenólito. A

associação mineralógica desse xenólito consiste em feldspato potássico + cianita. O feldspato potássico apresenta teores expressivos de Ba, o que permite que seja classificado como hialofana, mas isso será discutido em mais detalhe no sub item silicatos. A presença da hialofana com cianita pode ser indicativo de metassomatismo coevo ao reequilíbrio da rocha em fácies anfibolito.

A Zona Máfica de Topo é marcada pela presença de gabronorito tardio. A transição da Zona Ultramáfica para a Zona Máfica de Topo é mais uma vez gradacional, sendo igualmente marcada pela redução nos teores de Fo, En e An e por aumento na quantidade de plagioclásio intersticial. Ao contrário do gabro e do norito da Zona Máfica de Base, o gabronorito da Zona Máfica de Topo apresenta textura e mineralogia ígnea quase totalmente alterada. Essa rocha apresenta foliação pervasiva mais evidente em lâmina delgada (figura 4f), grãos de orto e clinopiroxênio são amplamente substituídos no retrometamorfismo por cummingtonita e pseudomorfos são abundantes nessa rocha. A cummingtonita é posteriormente alterada para hornblenda



Filossilicatos e anfibólios, predominantemente biotita e hornblenda, marcam a foliação, mas a ilmenita também assim o faz. Zircão ocorre como importante fase acessória e por meio dele é possível identificar duas gerações de ilmenita: sendo uma inclusa em zircão, com exsoluções de hematita e outra como produto do reequilíbrio em alto grau da rocha, acompanhando a foliação (figura 5l). Nos contatos entre os grãos de ilmenita e plagioclásio, hornblenda retrometamórfica pode ser identificada, sendo a reação proposta



Calcopirita e pirita ocorrem de maneira disseminada como grãos finos subarredondados a arredondados e estão associados à biotita retrometamórfica, sugerindo relação sin-tectônica entre esses minerais. O gabronorito tardio é interpretado como sendo resultado da cristalização de magma evoluído aprisionado nos estágios finais de formação do CD.

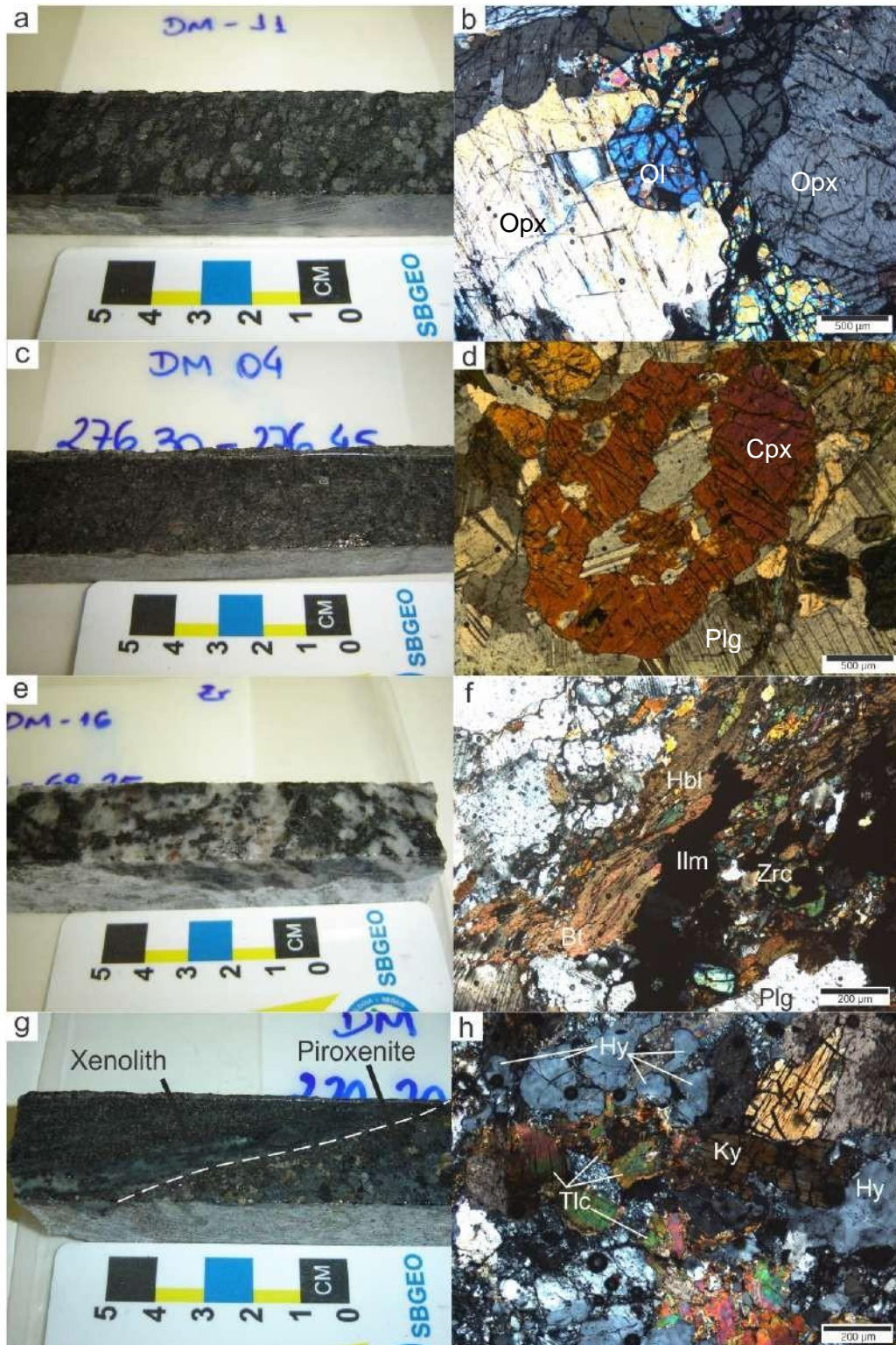


Figura 4: a) Harzburgito da Zona Ultramáfica do furo de sondagem FSDM07; b) Fotomicrografia do harzburgito com olivina cumulática incluída em *oikocrist* de ortopiroxênio; c) Norito da Zona Máfica de Base do furo de sondagem FSDM07; d) Fotomicrografia do gabro com grãos reliquiais de clinopiroxênio cumulático e plagioclásio; e) Gabronorito tardio da Zona Máfica de Topo do furo de sondagem FSDM07; f) Fotomicrografia do gabronorito tardio evidenciando a granulação fina e foliação pervasiva marcada pelos filossilicatos e anfibólios; g) Piroxenito transicional entre a Zona Ultramáfica e Máfica do furo de sondagem FSDM07 evidenciando o xenólito que ocorre nessa porção; h) Fotomicrografia do xenólito evidenciando a mineralogia exótica às demais rochas do complexo, com hialofana e cianita e talco, possivelmente como produtos de metassomatismo.

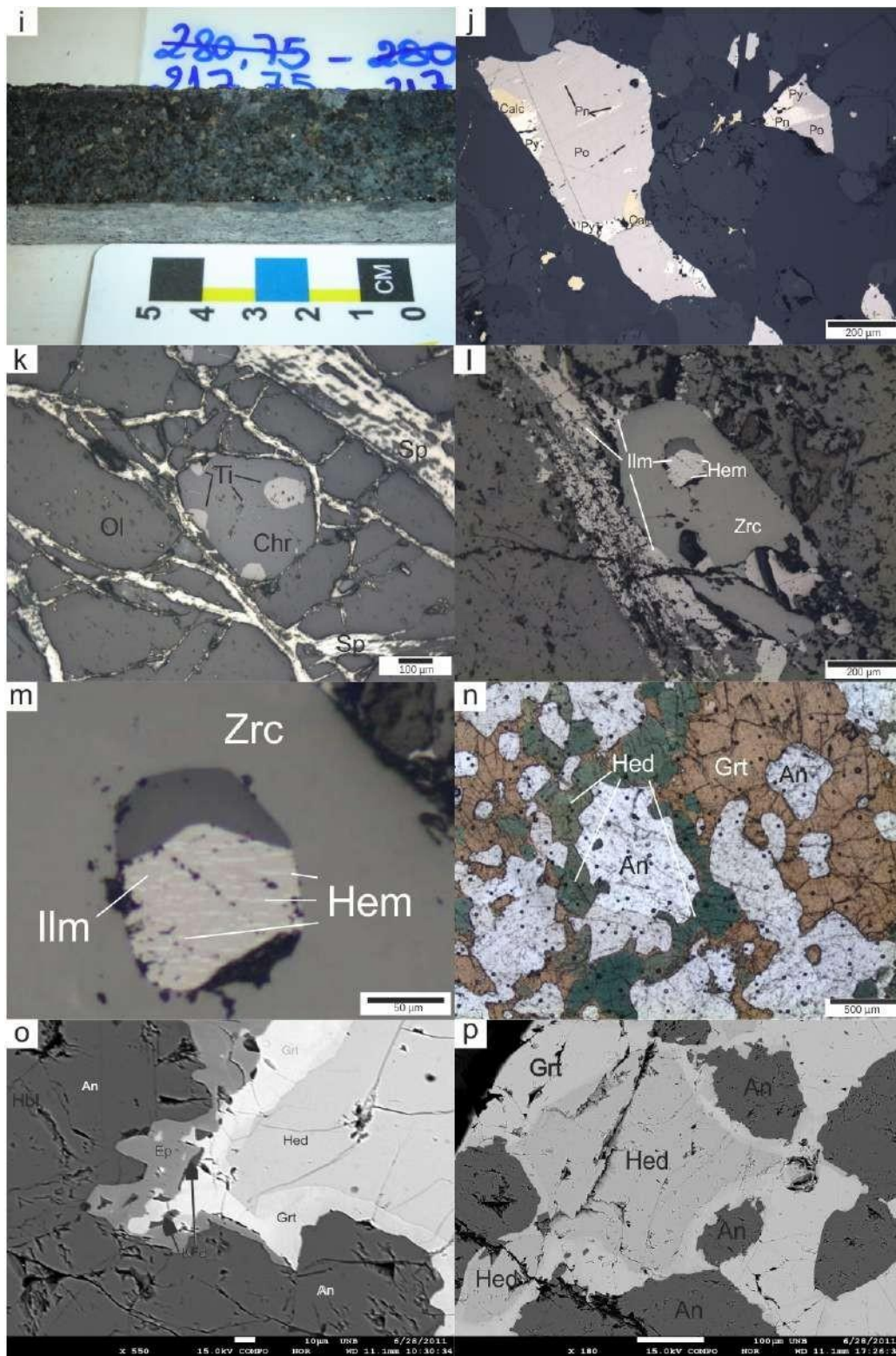


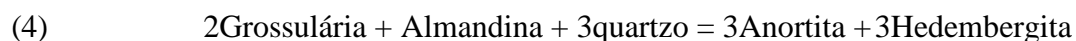
Figura 5: i) Piroxenito de transição entre a Zona Ultramáfica e máfica onde os sulfetos disseminados são mais abundantes (do furo de sondagem FSDM07); j) Foto da sessão polida do piroxenito evidenciando os grãos de pirrotita, que compõem a fase sulfetada predominante, de granulação média a grossa com inclusões de calcopirita e pirita e exsoluções (*flames*) de pentlandita; k) Fotomicrografia de cromita com exsolução de titânita mais abundante na Zona Ultramáfica; l) Fotomicrografia do zircão acessório no gabronorito tardio da Zona Máfica de Topo evidenciando as duas gerações de ilmenita observadas, sendo uma inclusa no zircão e outra acompanhando a foliação; m) Detalhe da ilmenita com exsolução de hematita inclusa no zircão; n) Fotomicrografia do granada-hedembergita granulito evidenciando a textura granoblástica da associação mineralógica do pico do metamorfismo granada + hedembergita + anortita; o) Imagem do microscópio eletrônico de varredura evidenciando as coronas de reação entre a granada e o clinopiroxênio (hedembergita); e p) Imagem do microscópio eletrônico de varredura do granada-hedembergita granulito evidenciando a intrínseca relação entre a granada e o clinopiroxênio.

4.1.3. Granulito a Dois Piroxênios

Uma amostra de granulito a dois piroxênios foi coletada cerca de 5 km do CD (DM 20). Apresenta foliação e granulação média a grossa. Apresenta granulação fina a média e em algumas porções as texturas e mineralogias ígneas primárias ainda persistem, mas, de forma geral, apresentam uma alteração dos minerais. Piroxênio + clinopiroxênio ± olivina compõem as principais fases cumuláticas e plagioclásio e biotita as principais fases intercumuláticas nas porções preservadas mas de maneira geral, apresenta textura granoblástica. Sulfetos observados nessa rocha são arredondados e com poucas inclusões, sendo em sua maioria pirrotita e calcopirita. As análises químicas, que serão detalhadas mais a frente, evidenciam que nessa rocha os menores teores de En e An são observados. Essa amostra foi analisada a fim de melhor contextualizar as rochas do CD no CAI (figura 3).

4.1.4. Granada-hedembergita granulito

Dentre os granulitos regionais coletados nas proximidades do CD, a rocha DM19 foi coletada nas coordenadas 0676473 L/8198150 N (figura 3), em contato com o CD. Consiste em rocha holocristalina, de granulação média a fina e com cristais xenomórficos. É composta por aproximadamente 45% de plagioclásio, 35% de granada e 20% de clinopiroxênio. Com a exceção de um veio de granada visível em lâmina delgada, a rocha apresenta-se homogênea. Observam-se também em lâmina delgada evidências microestruturais que permitem a identificação de alterações ocorridas durante o metamorfismo progressivo dessa rocha. Tais microestruturas se manifestam na forma de halos de alteração entre a granada (grossulária) e o clinopiroxênio (hedembergita) que pode ser descrita pela reação seguinte:



A quantidade de quartzo observada é restrita e ocorre apenas como pequenas inclusões em granada. Isso é interpretado como sendo devido ao fato do quartzo nessa rocha ter sido quase totalmente consumido na reação proposta acima, que resultou na formação da hedembergita durante o pico do metamorfismo.

Esse granulito apresenta mineralogia que não é diagnóstica de metamorfismo UHT mas que pode atingir essas condições e, portanto, foi modelada geotermobarometricamente por métodos convencionais e otimizados, o que será detalhado nos próximos itens. Os minerais observados nessa rocha foram descritos em detalhe no capítulo de geoquímica, no sub item silicatos.

4.2. Química mineral

Os valores composicionais dos cristais de olivina não apresentam variação significativa no harzburgito da Zona Ultramáfica, com teores que variam entre Fo_{81,9} e Fo_{89,5}, indicando composições primitivas. O mesmo ocorre nas rochas máficas, com teores de Fo₇₀₋₇₂. Observa-se leve variação entre os teores de Fo e as profundidades estratigráficas, sendo os valores mais altos de Fo observados na Zona Ultramáfica e os menores nas Zonas Máficas de base e topo. Ao contrário do que ocorre para a maioria dos complexos MUM descritos na região a estratigrafia do CD não se apresenta invertida mas sim, normal, com núcleo de rochas ultramáficas tanto no topo quanto na base por rochas máficas. Essa suposição fica mais clara, observando-se a figura 6 que compara, entre outros, os teores de Fo, En e An com a estratigrafia do CD. O conteúdo de Ni em olivina do harzburgito varia de 2145 até 660 ppm, em olivina do olivina ortopiroxenito varia de 1626 até 565 ppm e na olivina do norito varia de 966 até 275 ppm. Conforme pode ser observado na figura 7, o conteúdo de Ni na olivina não é positivamente correlacionado aos teores de Fo o que é corroborado por teores variáveis de Ni para teores semelhantes de Fo (~Fo₈₂). Essa ausência de correlação positiva pode ser associada à segregação de sulfetos durante a evolução magmática do CD ou devido a novas injeções de magmas depletados em Ni.

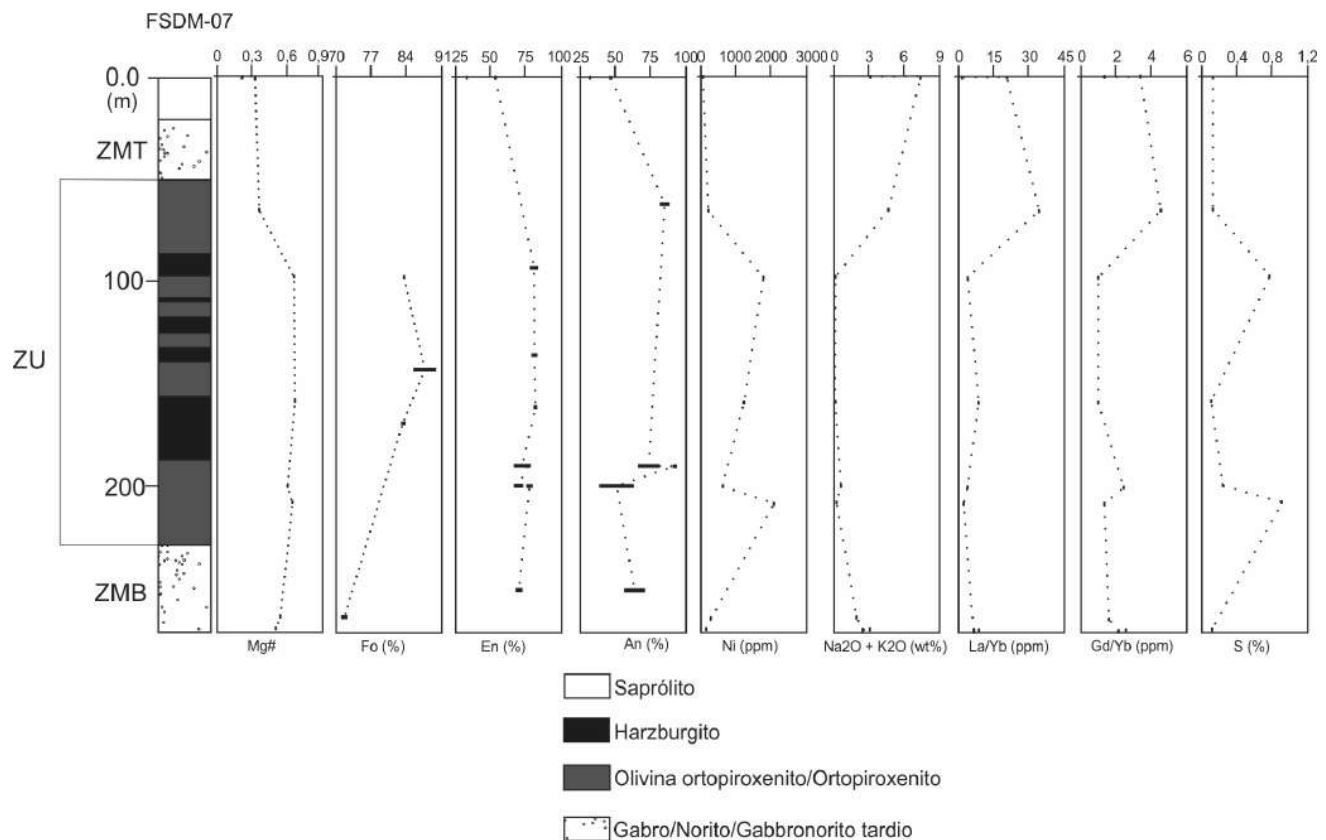


Figura 6: Comparação dos teores de Mg#, Fo (%), En (%) e An (%) calculados com base em dados de microsonda eletrônica para as fases minerais e Ni (ppm), Na₂O + K₂O (wt%), La/Yb (ppm), Gd/Yb (ppm) e S (%) calculados com base nos dados de rocha total, *versus* a estratigrafia do Complexo de Damolândia proposta por Della Giustina et al (2011a). ZU = Zona Ultramáfica, ZMB = Zona Máfica de Base e ZMT = Zona Máfica de Topo.

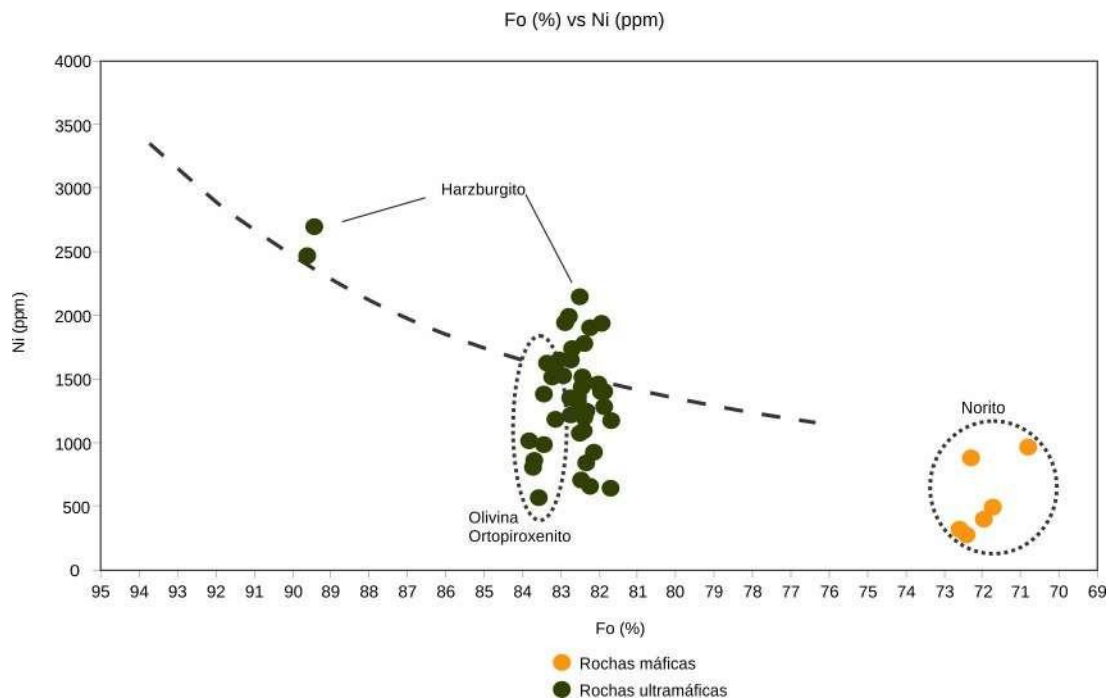


Figura 7: Variação dos teores de Fo (%) *versus* os teores de Ni (ppm) para as rochas do Complexo de Damolândia. A linha pontilhada representa o *trend* composicional para a olivina de complexos acamados (Simkin and Smith, 1970).

Cristais de ortopiroxênio apresentam variação composicional no harzburgito da Zona Ultramáfica primitiva, entre $En_{83,7}$ e $En_{78,1}$ nas porções preservadas e variando entre En_{70} e En_{67} nas porções recristalizadas. A variação composicional na porção máfica fica entre En_{79} a En_{72} nas porções preservadas e entre En_{67} e En_{66} nas porções recristalizadas e no xenólito observado na transição das rochas ultramáficas para máficas, indicando composição mais fracionada para o gabro e norito do complexo. Os valores superiores de En são observados na porção central da Zona Ultramáfica, sendo o mesmo *trend* observado nos teores de En da rochas máficas, sugerindo maior fracionamento em direção às bordas do complexo e um núcleo mais primitivo. Vale ressaltar que muitos dos cristais preservados de ortopiroxênio apresentam clinopiroxênio incluso em suas estruturas.

Valores composicionais para o plagioclásio, de forma semelhante aos demais minerais aqui descritos, foram obtidos tanto a partir de rochas reliquias quanto recristalizadas. Um grande intervalo composicional pode ser observado para o plagioclásio analisado, variando de $An_{94,8}$ e $An_{33,5}$. Cristais de plagioclásio com as composições mais primitivas ($An_{94,8}$ a $An_{80,0}$) foram observados em piroxenito da Zona Ultramáfica (amostras DM09 e DM10) em profundidades variando de 209,25 a 209,45 metros. Cristais de plagioclásio que apresentam composições mais fracionadas, variando de $An_{49,4}$ a $An_{40,1}$, foram observados em norito e na porção transicional das rochas máficas para as ultramáficas, (amostras DM04 e DM06) em profundidades variando entre 276,30 e 220,40 metros, respectivamente, no topo da Zona Máfica de Base do complexo. Vale mencionar também que a amostra do granulito regional a dois

piroxênios apresentou o menor teor, com valor de $An_{33,4}$. Teores de An observados no xenólito variam na ordem de $An_{64,3}$ até $An_{40,1}$ e no granada-hedembergita granulito variam de $An_{92,8}$ até $An_{85,8}$, sendo os valores de An observados no granada-hedembergita granulito são maiores do que os observados para as rochas da Zona Ultramáfica do CD.

Feldspato potássico com teores significativos de Ba é observado no CD, mais especificamente, na transição da Zona Ultramáfica para a Zona Máfica de Base. Tal porção é interpretada como sendo um xenólito, o que pode ser observado na figura 4e. Nessa transição (topo das rochas máficas e base das rochas ultramáficas) variação composicional da molécula de celsiana apresenta teores entre $Cel_{12,6}$ e $Cel_{4,8}$ e, por apresentar teores significativos, o feldspato potássico pode ser classificado como hialofana. A química desse xenólito será melhor descrita nos sub itens subsequentes.

4.2.1. Óxidos e Sulfetos

Óxidos e sulfetos ocorrem disseminadamente ao longo do CD, mas são mais expressivos na transição das rochas máficas para as ultramáficas e no gabronorito tardio. Os sulfetos do CD apresentam mineralogia *Monosulfide Solid Solution* (MSS) típica com a cristalização de pirrotita predominando sobre pentlandita e calcopirita. Em algumas rochas gabróicas calcopirita e pirita ocorrem como grãos pequenos e isolados. Harzburgito apresenta predominância de cromita cumulática sobre os demais óxidos e sulfetos.

Pirrotita: observada ao longo de toda a estratigrafia e sua ocorrência predomina sobre a dos demais sulfetos. Ocorre como mineral intercumulático de granulação média a grossa e com contatos bem definidos, além de ser observado como inclusões em ortopiroxênio de norito e harzburgito. Geralmente tem exsoluções (*flames*) de pentlandita. Encontra-se mais bem preservada em piroxenito de transição das rochas ultramáficas para máficas. Nesse piroxenito observam-se valores apfu de Ni na ordem de 0 a 0,095, Co de 0,04 a 0,109 e Cu de 0 a 0,191, sendo os menores valores comumente observados nas porções recristalizadas. Esses valores sugerem variabilidade restrita e homogeneidade composicional da fração de sulfetos do CD (figura 4a e b). Os grãos de pirrotita apresentam-se maiores e mais expressivos nas rochas que ainda apresentam textura ígnea preservada e de granulação média a grossa. Nas rochas recristalizadas, os grãos de pirrotita são arredondados a subarredondados e as exsoluções de pentlandita não são evidentes ou não estão presentes.

Pentlandita: ocorre como exsoluções (*flames*) em pirrotita, não tendo sido observado qualquer grão bem formado de pentlandita. As rochas ultramáficas apresentam valores apfu de Co de 0,28 a 2,018, sendo os maiores valores observados no piroxenito transicional e apresentam razão Ni/Co em torno de 25, com ocasionais valores mais altos, podendo chegar a 107,4 em rochas ultramáficas.

Devido ao fato dos sulfetos nas porções recristalizadas apresentarem-se pequenos e com poucas exsoluções de pentlandita, não foi possível verificar se há variação composicional entre a pentlandita das porções com texturas e mineralogia ígnea primária preservada e das porções recristalizadas.

Calcopirita: ocorre associada a pirrotita e pirita. De maneira geral, não se desvia da composição química ideal, não apresentando teores expressivos de elementos contaminantes. No olivina ortopiroxenito e ortopiroxenito apresenta teores apfu de Zn da ordem de 0 a 0,114, Se de 0 a 0,088, Pb de 0,006 a 0,238, Bi de 0 a 0,077, Te de 0 a 0,041, Co de 0 a 0,074, Sb de 0 a 0,178, Ni de 0 a 0,037, Au de 0 a 0,004, Ag de 0 a 0,025, Pd de 0 a 0,022, Pt de 0 a 0,009. Ocorre normalmente como inclusões nas bordas dos grãos de pirrotita ou, assim como a pirita, como pequenos grãos isolados arredondados nas porções recristalizadas. De maneira semelhante aos demais sulfetos observados no complexo, os menores valores observados para os elementos aqui descritos são normalmente observados em calcopirita das porções recristalizadas.

Pirita: compõe a fase sulfetada menos expressiva do CD e ocorre associada a pirrotita, sendo observados poucos grãos isolados de pirita. Apresenta valores apfu de Zn na ordem de 0 a 0,061, Pb de 0,104 a 0,242, Co de 0,017 a 3,595, Cu de 0 a 0,221 e Ni de 0 a 0,122. Por não ser fase sulfetada comumente observada em rochas máficas e ultramáficas com mineralogia MSS, a pirita observada é interpretada como sendo posterior, resultado de alteração devido a recristalização da rocha no metamorfismo.

Cromita: apresenta-se como grãos arredondados a subarredondados com coloração castanha. Ocorre de maneira restrita, sendo mais abundante em olivina ortopiroxenito e harzburgito das rochas ultramáficas. Apresenta valores apfu de Al na ordem de 1,494 a 1,526, Cr de 0,267 a 0,287, Fe^{+2} 0,462 a 0,532, Fe^{+3} de 0,182 a 0,219 e Mg de 0,472 a 0,538. Exsoluções de Ti são observadas na cromita.

Ilmenita: ocorre de maneira restrita, sendo encontrada principalmente em ortopiroxenito da Zona Ultramáfica e em gabronorito tardio da Zona Máfica de Topo (figura 5i e j). Em ortopiroxenito os grãos de ilmenita possuem granulação fina e são arredondados e em gabronorito tardio são verificadas duas gerações de ilmenita: uma inclusa em zircão e com exsoluções de hematita, indicativo de temperaturas de cristalização elevadas, e outra na matriz, deformada e acompanhando a foliação incipiente observada nessa rocha. Apresenta valores apfu de Al na ordem de 0 a 0,001, Cr de 0 a 0,006 e V de 0,008 a 0,015. Não foi possível verificar se há variação entre a composição da ilmenita inclusa e da matriz devido ao tamanho das inclusões dificultar as análises de microsonda. Além disso, as exsoluções de hematita dificultam a definição dos limites entre esses dois minerais.

4.2.2. Silicatos

Olivina: é observada ao longo de todo o complexo e apresenta-se mais preservada nas rochas ultramáficas. Apresenta também granulação grossa e, em geral, seus grãos são pouco serpentinizados. Em norito da Zona Máfica de Base olivina apresenta valores apfu de Mg na ordem de 1,019 a 1,064, Fe^{+2} de 0,395 a 0,432, Mn de 0,005 a 0,10, Ca de 0,009 a 0,025, Cr de 0 a 0,002, Fe^{+3} de 0, Al de 0,063 a 0,080 e Ni de 275 a 966,5 ppm. Em harzburgito da Zona Ultramáfica olivina apresenta valores apfu de Mg na ordem de 1,648 a 1,677, Fe^{+2} de 0,274 a 0,333, Mn de 0,003 a 0,007, Ca de 0 a 0,001, Cr de 0 a 0,002, Fe^{+3} de 0,010 a 0,038, Al de 0 a 0,001 e ppm de Ni na ordem de 707,21 a 1995,93. De maneira geral, os menores valores observados para os elementos aqui descritos ocorrem principalmente nas porções recristalizadas, o que se mostrou ser um *trend* observado na maioria dos minerais descritos no presente trabalho. O perfil composicional apresentado na figura 8, confeccionado a partir de valores apfu para certos elementos e de Mg#, é quase paralelo mas é possível verificar leve empobrecimento de Mg nas bordas da olivina do harzburgito e enriquecimento de Fe^{+2} , o que pode sugerir trocas tardias destes elementos durante um reequilíbrio ou retrometamorfismo. Associada a olivina de harzburgito, ocorre cromita que, apesar de ter sido observada em outras rochas do complexo é mais expressiva nessas rochas da Zona Ultramáfica. Vale ressaltar que as bordas dos grãos de olivina observados em harzburgito apresentam-se pouco serpentinizadas, o que pode ser observado na fotomicrografia da figura 5k.

A figura 9 evidencia a diferença entre os teores de Fo de olivina observada nas porções preservadas das rochas e nas porções recristalizadas. Conforme pode ser observado na figura, as porções recristalizadas apresentam valores inferiores de MgO (wt%) e de Fo (%) aos observados nas porções preservadas.

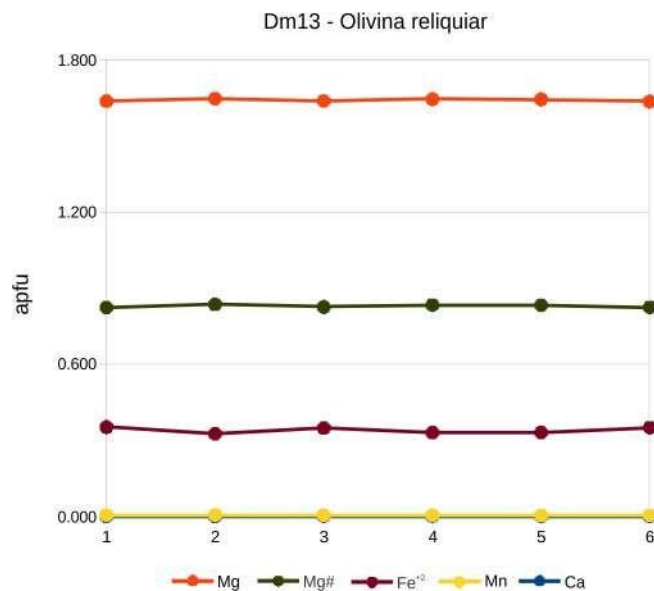


Figura 8: Perfil composicional de olivina reliquiar de harzburgito da Zona Ultramáfica do Complexo de Damolândia.

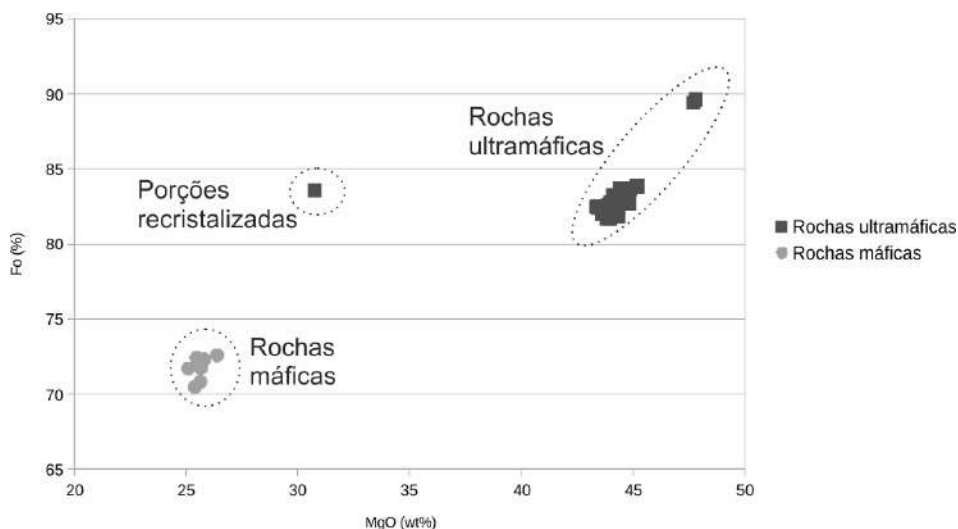


Figura 9: Gráfico de MgO (wt%) versus os teores de Fo (%) de olivinas das rochas ultramáficas e máficas do Complexo de Damolândia.

Piroxênios: nas porções preservadas, em que a textura ígnea reliquiar ainda pode ser observada, apresentam granulação grossa e são idiomórficos a subidiomórficos. Tanto na Zona Máfica de Base e de Topo quanto na Ultramáfica ocorrem como grãos cumuláticos, juntamente com olivina. Predomina no CD ortopiroxênio, alguns grãos com outros minerais inclusos, como plagioclásio e clinopiroxênio. Particularmente em gabronorito tardio alguns grãos de piroxênio foram completamente substituídos por hornblenda e biotita e são pseudomorfos, enquanto outros ainda se apresentam intensamente fraturados.

Ortopiroxênio (OPX) das rochas máficas, classificado na figura 10, apresentam valores apfu de Ca na ordem de 0,02, Mg de 1,5, Fe⁺² de 0,5, Fe⁺³ de 0,03, Al de 0,2 e Mg# de 0,7. Nas rochas

ultramáficas apresentam valores apfu de Ca na ordem de 0,2, Mg de 1,5, Fe⁺² de 0,3, Fe⁺³ de 0,05, Al de 0,2 e Mg# de 0,8. Conforme pode ser observado nos perfis composicionais da figura 11, os cristais apresenta perfis de maneira geral homogêneos, sem muitas diferenças marcantes entre as bordas e o núcleo, com paralelismo entre os teores de Ca e Mg#, sendo as bordas discretamente empobrecidas em Mg e enriquecidas em Fe⁺². Observa-se também correlação positiva entre Al e Fe⁺². Essas discretas variações entre o núcleo e as bordas sugerem troca catiônica tardia de Fe-Mg durante o retrometamorfismo.

A figura 12 mostra as relações entre os valores de MgO (wt%) e de FeO (wt%) e os teores de En (%) das rochas do CD. A variação entre esse valores deixa bem evidente a diferença entre as porções preservadas e as recristalizadas, em que os teores de MgO e En são superiores nas porções preservadas. O granulito regional analisado também se diferencia bastante das rochas do CD, apresentando teores menores de En e MgO.

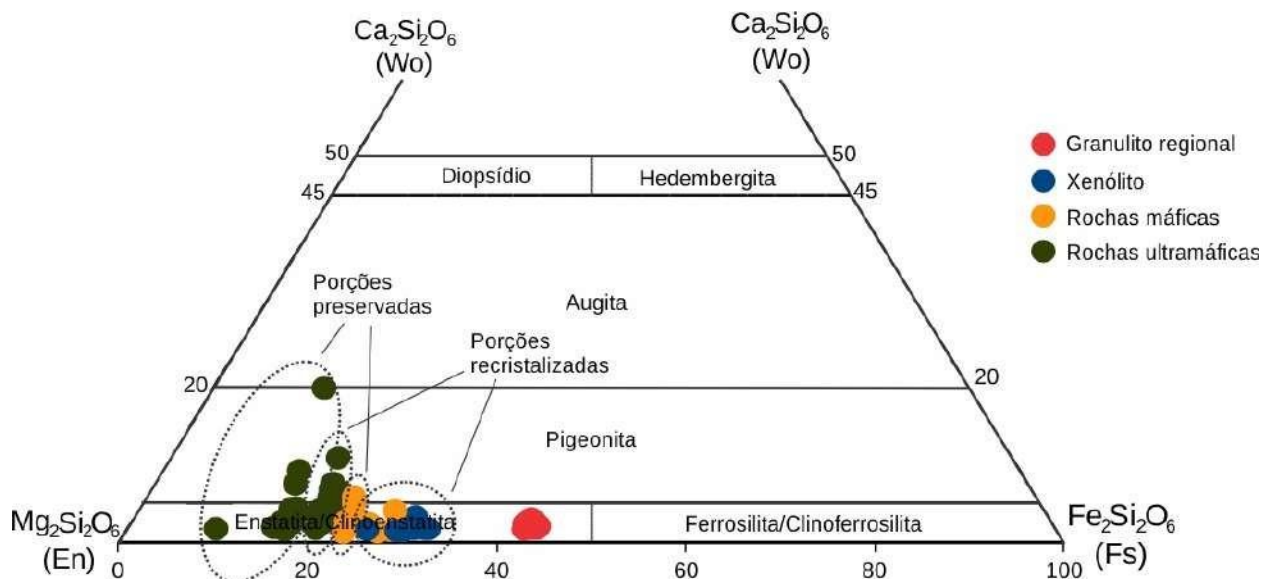


Figura 10: Gráfico de caracterização de ortopiroxênios do Complexo de Damolândia e do granulito regional. Os círculos pontilhados separam ortopiroxênios das porções preservadas e das porções recristalizadas, tanto para as rochas da Zona Máfica quanto ultramáfica.

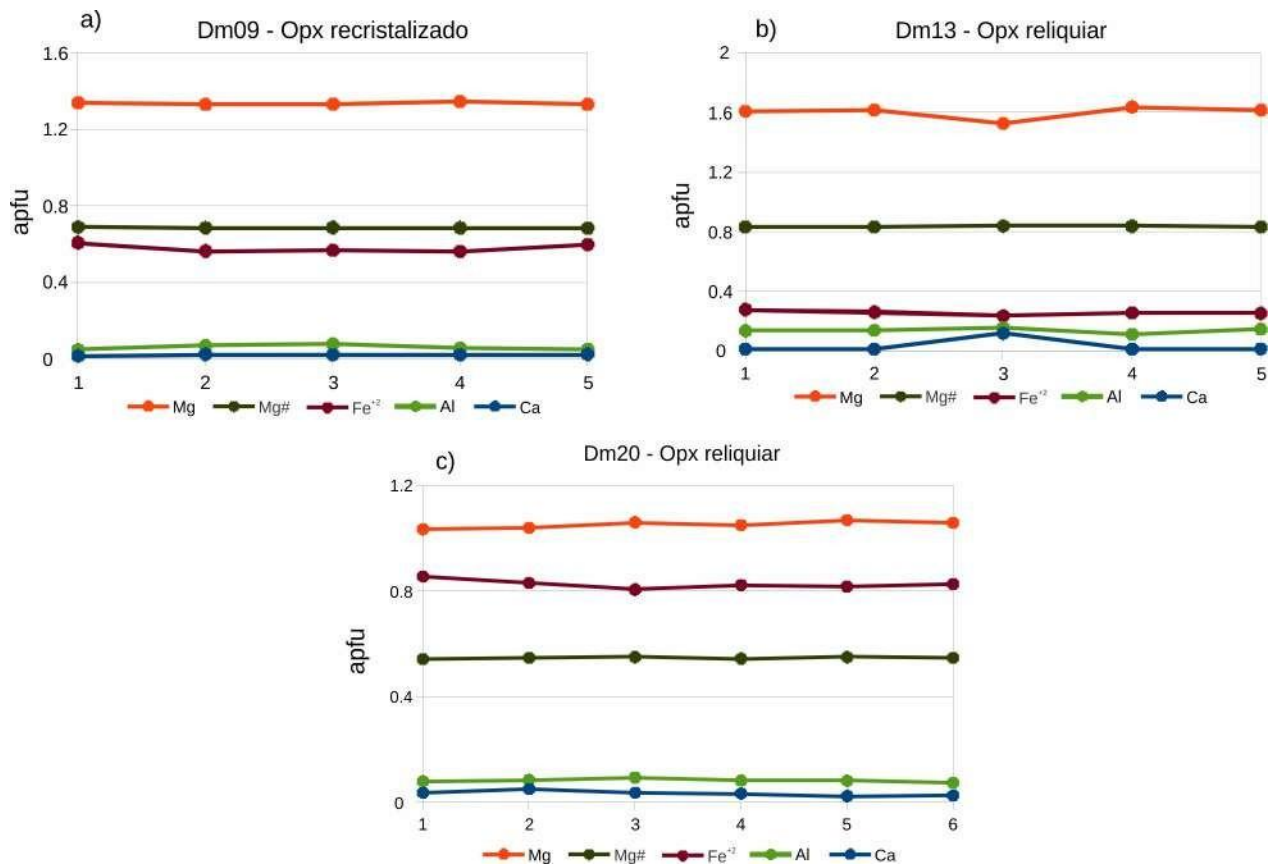


Figura 11: Perfis composicionais de ortopiroxênio do Complexo de Damolândia a) ortopiroxenito; b) harzburgito e c) granulito regional.

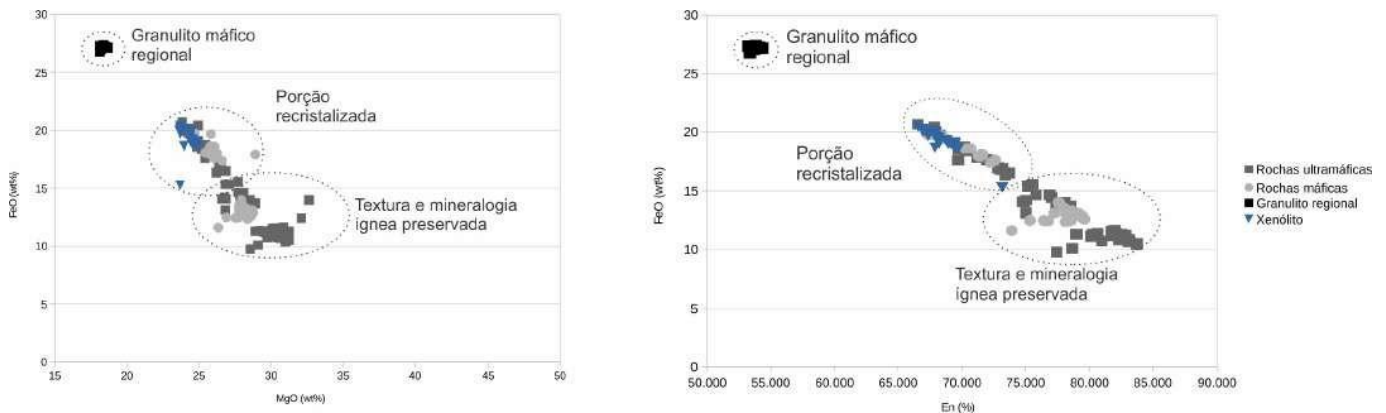


Figura 12: a) Gráfico de variação dos teores de MgO (wt%) versus FeO (wt%) das rochas do Complexo de Damolândia; e b) Variação dos teores de En (%) versus FeO (wt%) . Os gráficos evidenciam a variação desses teores tanto para as porções preservadas quanto para as recrystalizadas.

Clinopiroxênio (CPX) foi analisado nas rochas ultramáficas do complexo, no granulito regional e no granada-hedembergita granulito, já que nas rochas máficas não foram observados grãos representativos. O ortopiroxenito apresenta valores apfu de Ca na ordem de 0,9, Mg de 0,7, Fe⁺² de 0,15, Fe⁺³ de 0,04, Al de 0,3 e valor de Mg# na ordem de 0,8. Observa-se, de maneira semelhante ao

ortopiroxênio, paralelismo entre os teores de Ca e de Mg#. Mas ao contrário do OPX, o perfil composicional do CPX (figura 13) apresenta significativas oscilações, sendo mais enriquecidos em Mg no núcleo do que nas bordas (observa-se o oposto com Ca). Há significativa variação também nos valores de Al nos CPX, sendo mais empobrecido nas bordas do que no núcleo. É possível observar alterações de borda do CPX para hornblenda, o que pode justificar a diminuição do Al nas bordas e apontar a hornblenda como sendo retrometamórfica. O clinopiroxênio do granulito regional, classificado na figura 14a, apresenta valores apfu de Ca na ordem de 0,9, Mg de 0,13, Fe⁺² de 0,6, Fe⁺³ de 0,1, Al de 0,2 e valor de Mg# de 0,13. De maneira semelhante aos demais minerais, os menores teores dos elementos aqui descritos foram observados nas porções recristalizadas das rochas em questão.

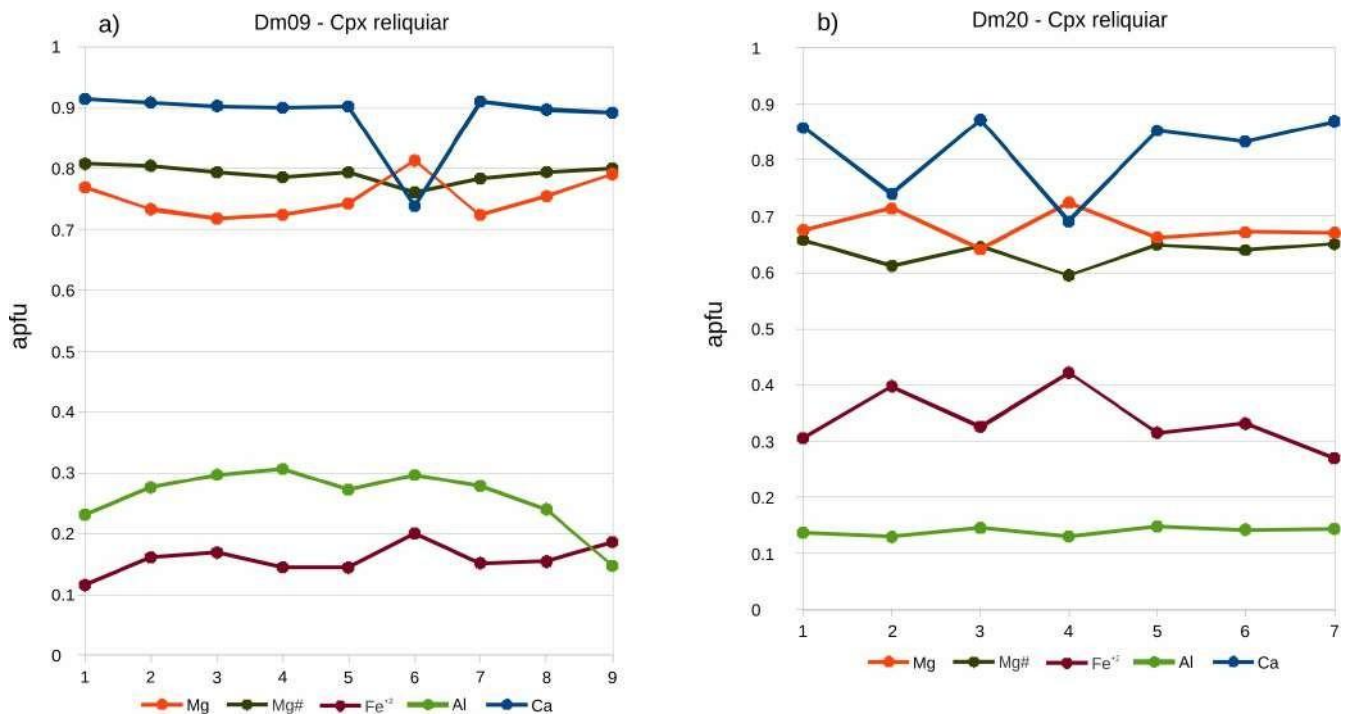


Figura 13: Perfis composicionais de clinopiroxênio do Complexo de Damolândia a) ortopiroxenito e b) granulito regional.

Clinopiroxênio do granada-hedembergita granulito apresenta coloração esverdeada distinta em nicóis paralelos e na maioria dos grãos são observadas bordas de reação com granada (de maneira simplificada, grs = hed). Os grãos analisados caem em sua totalidade no campo da hedembergita (figura 14b). Apresentam valores apfu de Ca na ordem de 0,94, Mg de 0,12 a 0,18, Fe⁺² de 0,60 até 0,73, Fe⁺³ 0,08 até 0,16, Al de 0,16 até 0,28 e valores de Mg# de 0,15 até 0,23. Não foram confeccionados perfis composicionais do clinopiroxênio do granada-hedembergita granulito.

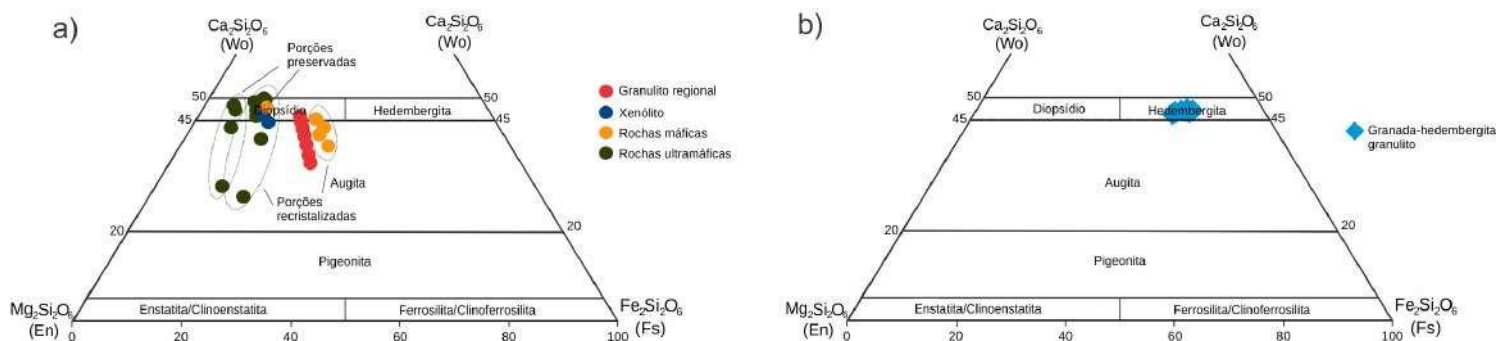


Figura 14: a) Gráfico de caracterização do clinopiroxênio das rochas do Complexo de Damolândia e do granulito regional; e b) Gráfico de caracterização do clinopiroxênio do granada-hedembergita granulito.

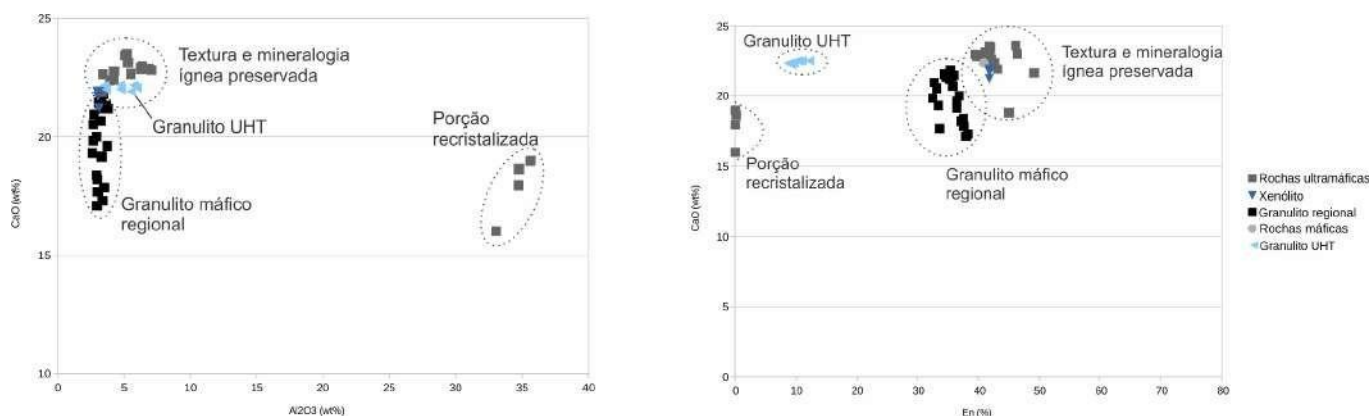


Figura 15: a) Gráfico dos valores de Al_2O_3 (wt%) versus CaO (wt%); e b) En (%) versus CaO (wt%), evidenciando a diferença desses valores entre as porções preservadas e as recristalizadas, para o granulito regional, o granada-hedembergita granulito e as rochas do Complexo de Damolândia.

Plagioclásio: é observado em todas as rochas do CD, tanto as máficas e ultramáficas quanto no granulito regional e no granada-hedembergita granulito, ocorrendo em sua maioria como mineral intercúmulus nas porções com textura ígnea preservada e granoblástica nas porções recristalizadas. Buscou-se analisar plagioclásio pouco alterado e deformado. Nas rochas máficas plagioclásio apresenta valores apfu de Na na ordem de 0,3, Ca de 0,4, K de 0,06, Fe^{+3} de 0,8 e teor de An_{58} . As rochas ultramáficas apresentam valores apfu de Na na ordem 0,2 e 0,06, Ca de 0,7, K de 0,001, Fe^{+3} de 0,8 e teor de An_{90} . Plagioclásio do granulito regional apresenta valores apfu de Na na ordem de 0,08, Ca de 0,9, K de 0,001, Fe^{+3} de 0,001 e An_{32} a An_{48} . Plagioclásio observado no CD, bem como no granulito máfico regional, é classificado na figura 16b. De maneira geral, as rochas máficas são mais ricas em Na e o granulito regional é mais rico em Ca. Além disso, observa-se paralelismo entre os valores de Ca e Na, ocorrendo diminuição discreta nos teores de Na nas bordas dos grãos e consequente enriquecimento em Ca.

O plagioclásio do granada-hedembergita granulito apresenta textura granoblástica diferente do

que é observado ao longo do complexo e no granulito regional. Ocorre também inclusos em grãos de granada e, de maneira geral, os grãos inclusos apresentam teores mais baixos de Na e de An mais altos do que os grãos de plagioclásio na matriz, apesar da variação não ser muito significativa. O plagioclásio incluído apresenta valores apfu de Na na ordem de 0,07 até 0,08, Ca de 0,90 até 0,92, K de 0,001 até 0,006, Fe^{+3} abaixo do limite de detecção e teores de An_{91} até An_{92} . Plagioclásio na matriz apresenta valores apfu de Na na ordem de 0,10 até 0,13, Ca de 0,84 até 0,87 e teores de Fe^{+3} igualmente abaixo do limite de detecção e teores de An_{86} até An_{89} . Esses valores altos de An no granada-hedembergita granulito devem-se ao elevado conteúdo de Ca da rocha. Com exceção dos teores de Na, os valores verificados em plagioclásio desse granulito se assemelham aos valores verificados para as rochas ultramáficas do complexo, mesmo a composição ser exótica a composição das rochas do CD.

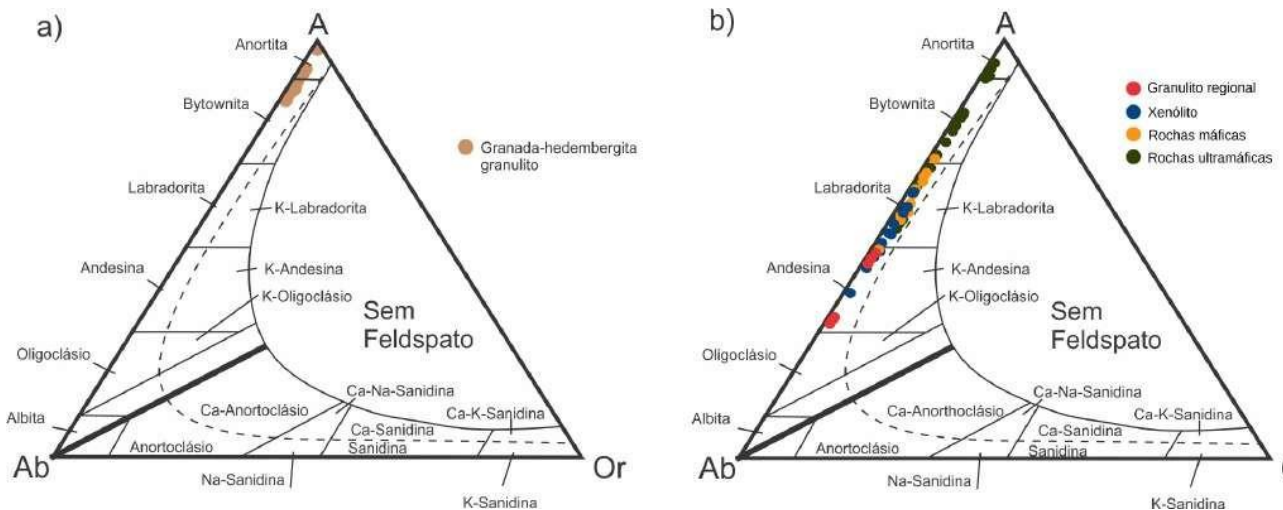


Figura 16: a) Gráfico de caracterização de plagioclásio do granada-hedembergita granulito; e b) Das rochas do Complexo de Damolândia.

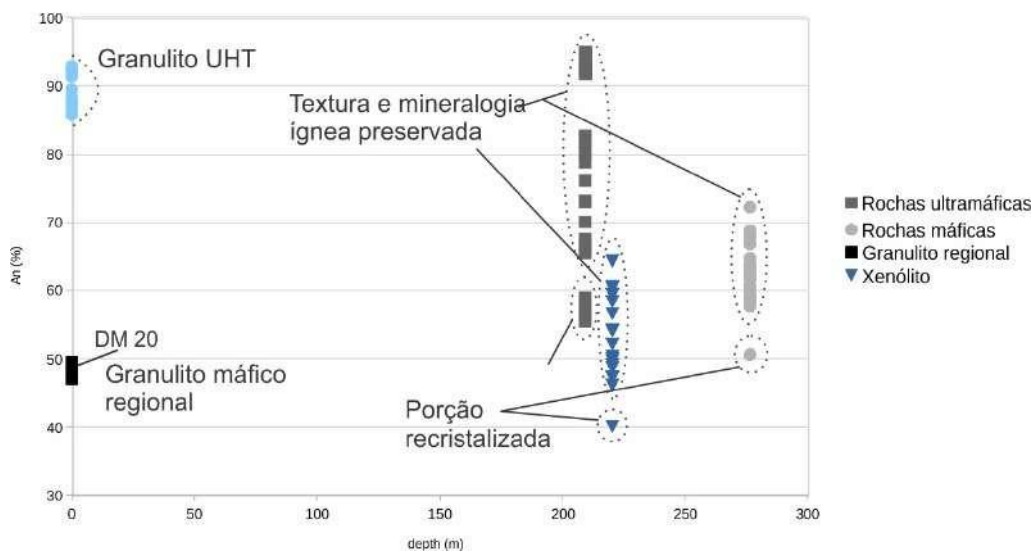


Figura 17: Gráfico da variação dos teores de An (%) versus a profundidade das rochas analisadas.

A figura 17 deixa evidente a diferença entre as porções preservadas e as porções recristalizadas das rochas do CD, onde as porções preservadas apresentam teores maiores. Fica claro também a diferença entre o granada-hedembergita granulito e o granulito regional analisado, visto que o granulito a dois piroxênios apresenta teores inferiores de An.

Biotita: é observada predominantemente nas porções recristalizadas ou nas áreas próximas às porções recristalizadas. Ocorre como grãos retrometamórficos em meio à matriz recristalizada ou então nas bordas de ortopiroxênio, substituindo-o parcial ou totalmente. Essas observações sugerem que a geração de biotita se deu durante o retrometamorfismo das rochas, juntamente com hornblenda. Não está restrita a uma porção do CD, tendo sido observada ao longo de todas as rochas mas é mais representativa em gabronorito (DM 16), acompanhando a foliação pervasiva e no granulito regional a dois piroxênios (figura 18). Apresenta valores apfu de K na ordem de 1,5 a 1,8, Na de 0,01 a 0,3, Ca de 0 a 0,01, Ba de 0,01 a 0,05, Al (IV) 2,2 a 2,6, Al (VI) de 0,0 a 0,3, Mg de 2,3 a 5,0, Fe⁺² de 0,5 a 2,5, Mn de 0 a 0,1, Cr de 0 a 0,04 e Ti de 0,08 a 0,8.

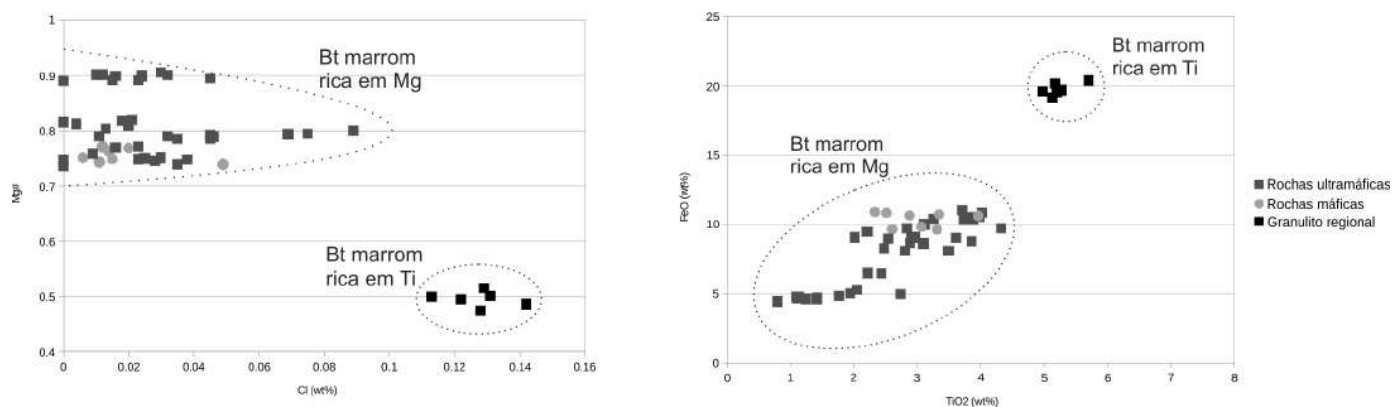


Figura 18: a) Gráfico do Cl apfu versus Mg#; e b) TiO₂ (wt%) versus FeO (wt%), evidenciando a diferença entre biotita observada nas rochas do Complexo de Damolândia e no granulito regional.

Feldspato potássico: o feldspato do CD é observado na porção recristalizada da base da Zona Ultramáfica e topo da Zona Máfica de Base. O xenólito que ocorre nessa transição apresenta granulação fina e os grãos de feldspato são arredondados. Apresenta valores da molécula de celsiana de Cel_{12,6} a Cel_{4,8} e valores apfu de K na ordem de 0,765 a 0,841, Na de 0,083 a 0,113, Ba de 0,047 a 0,116, Ca de 0,001 e 0,005. Os valores expressivos de celsiana permitem que esse feldspato seja classificado como hialofana (figura 19). Além de substituir potássio, Ba também pode substituir cálcio e sódio, o que pode explicar os teores mais baixos de K e Ca nesse feldspato potássico. Vale destacar que associados à hialofana, grãos restritos de cianita foram observados, corroborando a mineralogia distinta das demais rochas do CD. Por ocorrerem de maneira restrita e não terem sido verificados grãos representativos, as análises de microsonda não apresentaram fechamento bom e, portanto, os dados

dos grãos de cianita não serão aqui apresentados nem discutidos.

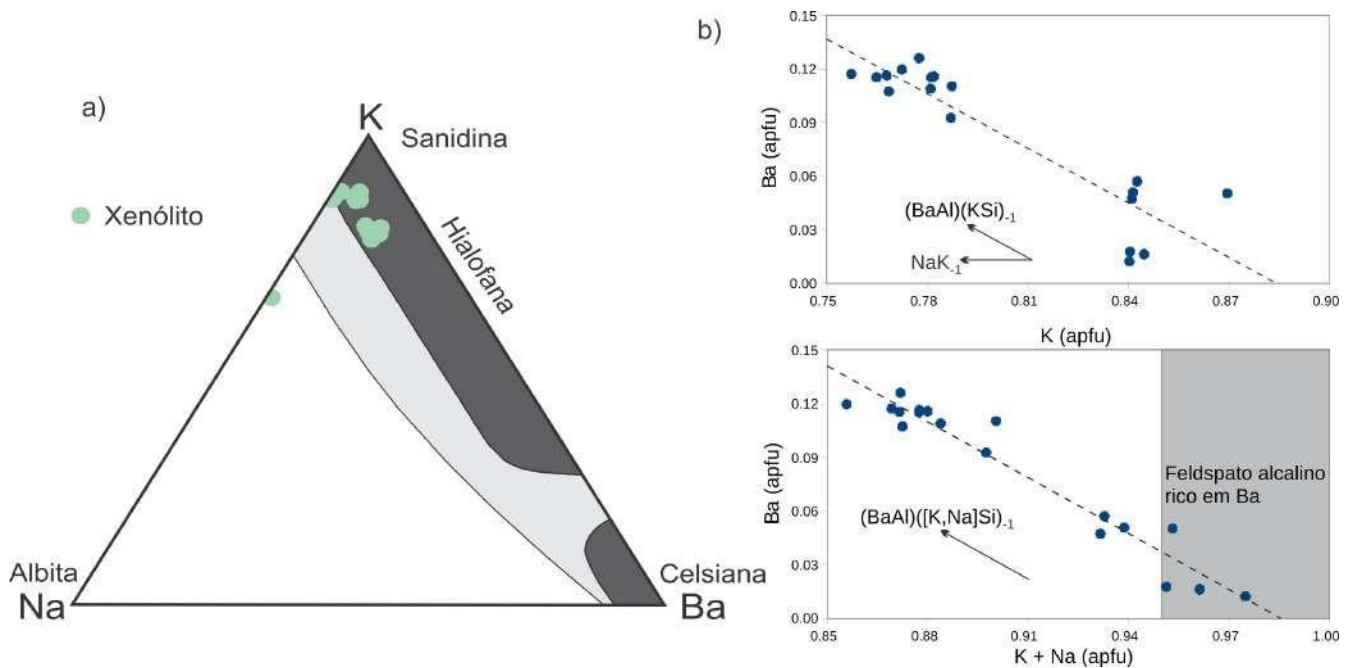


Figura 19: a) Gráfico de caracterização de hialofanas; e b) Vetores de trocas catiônicas observadas em hialofanas do xenólito. Campos cinza no triângulo composicional são estimativas da quantidade de solução sólida em feldspato potássico nas diferentes fácies metamórficas, sendo os limites cinza-escuros referentes à fácies anfibolito inferior a intermediário e a cinza-claro referente à fácies anfibolito superior a granulito (retirado dos limites apresentados em Essene et al. (2005)).

Granada: é observada apenas no granada-hedembergita granulito, não estando presente nas demais rochas do complexo. Foi utilizada, juntamente com plagioclásio e clinopiroxênio (do mesmo granulito) para o modelamento geotermobarométrico do granulito. O granulito regional (DM19) apresenta granulação média a grossa sendo que os cristais apresentam-se xenomórficos. A granada apresenta coloração alaranjada, coroas de reação entre os grãos de granada e hedembergita (figura 5n, o e p), bem como simplectitos entre plagioclásio e granada. A granada desse granulito é rica na molécula de grossulária (40,7% a 51,4%), com proporções intermediárias de andradita (27,9% a 42,2%), menores de almandina (13,1% a 15,4%) e baixas de espessartina (0,770% a 1,005%), piropo (0,176% a 0,392%) e uvarovita (0 a 0,195%). O perfil composicional da figura 20 evidencia leve enriquecimento de almandina e andradita e empobrecimento também discreto de grossulária nas bordas. Os tores de espessartina, piropo e uvarovita mantêm-se constantes ao longo do perfil. Observam-se também valores apfu de Fe^{+2} na ordem de 0,38 a 0,64, Fe^{+3} de 0,632 a 0,992, Mn de 0,024 a 0,030, Ca de 2,45 a 2,63, Mg de 0,005 a 0,012, Ti de 0,034 a 0,051, Al de 0,940 a 1,122. A figura 20 evidencia empobrecimento discreto de Fe^{+2} e Ca nas bordas, leve enriquecimento de Ti no núcleo. O Al permanece relativamente constante ao longo do perfil composicional, apresentando um leve enriquecimento nas bordas e Mg e Mn também se mantêm constantes. A figura 20 evidencia também a ausência de distribuição

concêntrica dos elementos na granada.

A figura 21 deixa evidente a diferença composicional entre o núcleo e a borda da granada do granada-hedembergita granulito. O núcleo da granada é mais enriquecido na molécula de andradita enquanto a borda é mais enriquecida em grossulária. Essa variação reflete os valores de pressão e temperatura obtidos nos cálculos geotermobarométricos que serão detalhados mais à frente.

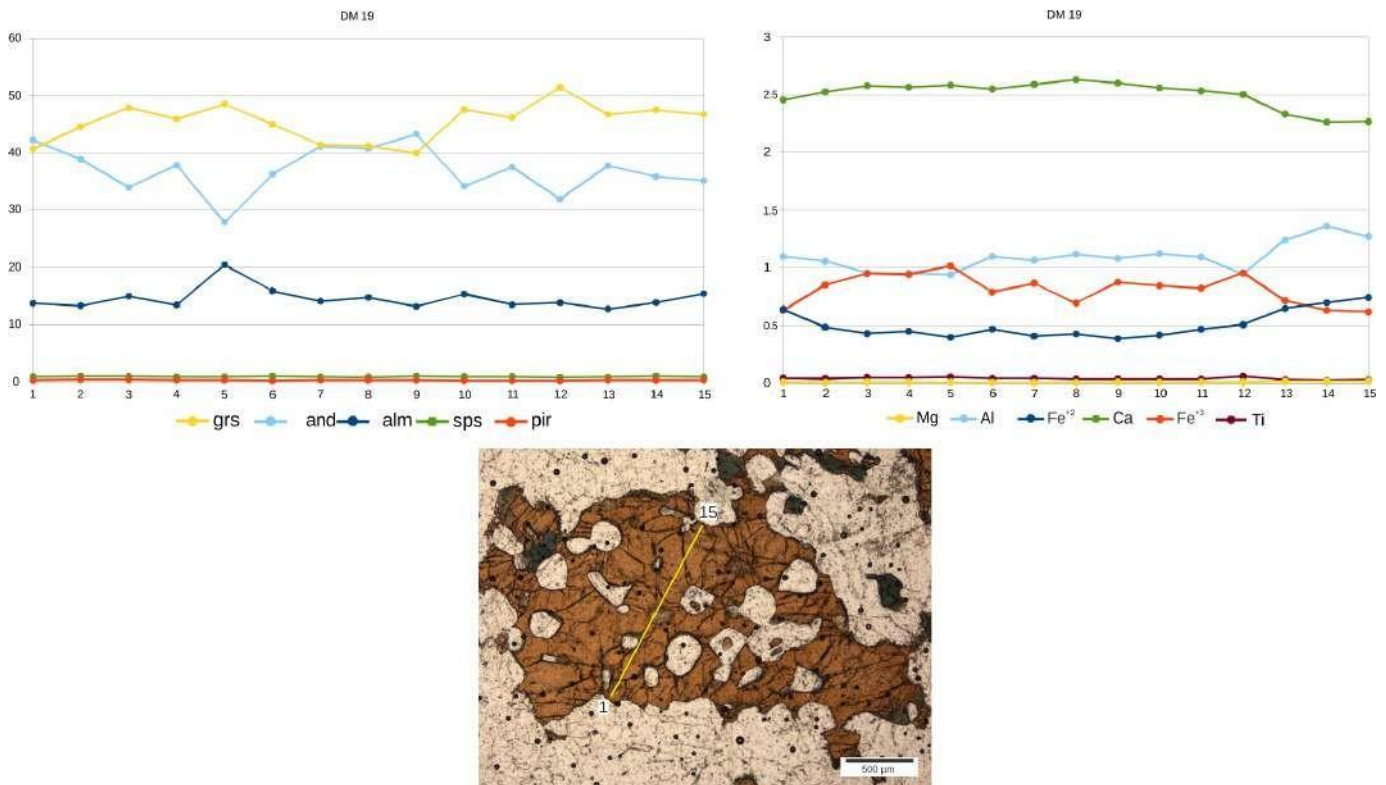


Figura 20: Perfil composicional de granada do granada-hedembergita granulito (amostra DM19) analisado.

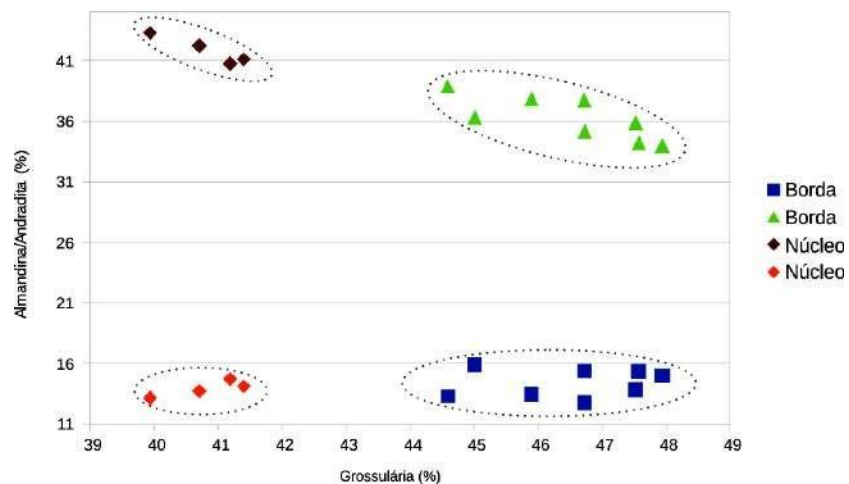


Figura 21: Gráfico dos teores da molécula de grossulária (%) versus as moléculas de almandina e andradita (%).

4.3. Litogeoquímica

Listadas na tabela 1, encontram-se as composições de rocha total para o CD e a amostra de granulito regional descrita. As rochas máficas e ultramáficas são cumuláticas e, portanto, tanto os elementos maiores quanto menores devem ser controlados pelo tipo predominante de mineral cumulático da rocha. Os gráficos mostrados na figura 22, dos principais óxidos de elementos maiores *versus* MgO evidenciam a predominância de cumulos de olivina, ortopiroxênio e, de maneira mais restrita, clinopiroxênio, bem como de plagioclásio intercumulático. Isso é corroborado pela descrição quando se compara esses gráficos com a descrição dos minerais cumuláticos na seção anterior. Por não apresentarem valores significativos de LOI, as análises não foram recalculadas para base anídrica, já que quando se compara as LOI das rochas da Zona Máfica e Ultramáfica, não se observa variação significativa (~2 wt% em harzburgito e 0,5 a 1 wt% em ortopiroxenito e olivina ortopiroxenito).

Harzburgito apresenta valor de MgO em wt% de 36,27, consistente com a presença de olivina como a principal fase cumulática dessas rochas. Teores dos elementos maiores como SiO₂, CaO, Al₂O₃, NaO e K₂O nestas rochas sugerem a presença de minerais como clinopiroxênio e plagioclásio como fases cumuláticas, não sendo controladas apenas por olivina e ortopiroxênio. Teores de Cr₂O₃ variando de 0,14 a 0,38 wt% são consistentes com a ocorrência de cromita cumulática nesse harzburgito. Valores baixos de S, variando de 0,11 a 0,91 wt% sugerem que o teor de Ni dessas rochas é, ao menos em parte, controlado pela olivina cumulática.

Ortopiroxenito e olivina ortopiroxenito apresentam teores de MgO de 23,98 wt% e 17,12 wt%, respectivamente. Teores de CaO são de 3,45 e 11,27 wt% respectivamente, indicativo da presença de clinopiroxênio cumulático e plagioclásio intercumulático. Valores de Cr₂O₃ entre 0,299 e 0,136 são consistentes com a ocorrência de cromita cumulática. Esses valores inferiores aos observados em harzburgito indicam ocorrência mais restrita de cromita em ortopiroxenito e olivina ortopiroxenito, o que de fato pôde ser observado em lâmina delgada. Teores mais elevados de Cu (581 a 703,5 ppm), Ni (1772 a 2078 ppm), Au (13,4 a 14,4 ppb) e Bi (4,3 a 5,1 ppm) nessas rochas são compatíveis com a ocorrência representativa da fase sulfetada.

Rochas gabróicas apresentam valores baixos de MgO, variando de 7,22 a 10,11 wt%. Valores de Al₂O₃ e Na₂O abaixo da *tie-line* do Pl-Opx podem ser resultado da presença de flogopita ou de alteração das fases cumuláticas (figura 22), o que é observado principalmente nas porções recristalizadas das rochas. Valores mais elevados de TiO₂ (0,58 a 0,99 wt%) são compatíveis com a presença de óxidos de Fe-Ti acessórios, como ilmenita e rutilo, que foram de fato observados como minerais acessórios ao longo do complexo.

Tabela 1: análises de rocha total do Complexo de Damolândia. Gbr = gabro, Nrt = norito, Opxt = ortopiroxenito, Hzb = harzburgito, Gbrnrt = gabronorito e GR = granulito regional.

Sample Depth Rock	DM01 283 Gbr	DM02 282.4 Gbr	DM04 276.45 Nrt	DM07 217.9 Opxt	DM10 209.45 Pxt	DM12 166.35 Hzb	DM14 102.4 Opxt	DM-16 68.25 Gbrnrt	DM-18 0 GR	DM-20 0 GR
SiO ₂ (wt%)	48.85	50.31	50.49	52.79	50.81	40.29	51.73	47.92	55.63	48.24
Al ₂ O ₃ (wt%)	15.94	19.25	12.84	4.78	7.20	1.50	3.23	16.72	22.54	14.34
Fe ₂ O ₃ (wt%)	10.60	7.02	11.32	12.70	10.99	17.71	13.61	12.38	4.31	13.76
CaO (wt%)	9.40	10.69	6.84	3.45	11.27	0.14	1.45	6.53	7.49	11.19
MgO (wt%)	10.11	7.22	13.80	23.98	17.12	36.72	27.11	3.47	2.48	6.86
Na ₂ O (wt%)	1.84	2.52	1.44	0.15	0.54	0.02	0.09	3.27	3.98	2.73
K ₂ O (wt%)	0.56	0.62	0.49	0.06	0.07	0.04	0.03	4.08	0.63	0.23
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.02	0.01	0.06	0.30	0.14	0.38	0.18	<0.002	0.01	0.02
TiO ₂ (wt%)	0.99	0.58	0.54	0.28	0.51	0.05	0.18	2.68	1.09	1.68
MnO (wt%)	0.15	0.11	0.18	0.19	0.20	0.20	0.20	0.16	0.05	0.22
P ₂ O ₅ (wt%)	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.03	0.02	<0.01	1.19	0.36	0.13
LOI (%)	1.10	1.40	1.60	0.50	0.60	2.10	1.40	1.00	1.00	0.10
Total	99.56	99.75	99.60	99.18	99.48	99.17	99.21	99.40	99.57	99.50
S (%)	0.12	0.12	0.20	0.91	0.24	0.11	0.77	0.13	0.13	-
Ba (ppm)	393.00	328.00	237.00	14.00	40.00	6.00	9.00	2,040.00	413.00	36.00
Ce (ppm)	15.60	17.90	11.60	3.20	20.70	0.50	3.60	208.00	55.20	15.40
Cs (ppm)	0.20	0.10	0.40	0.20	0.10	<0.1	<0.1	0.60	0.20	-
Dy (ppm)	1.94	2.14	1.42	0.71	4.00	<0.05	0.49	10.39	2.44	5.17
Er (ppm)	1.09	1.18	0.91	0.53	2.17	<0.03	0.32	5.19	1.06	3.52
Eu (ppm)	0.78	0.98	0.54	0.16	1.01	0.03	0.10	4.10	2.53	1.23
Ga (ppm)	14.60	13.70	11.20	5.90	10.10	5.50	4.90	24.70	30.00	18.10
Gd (ppm)	2.36	2.49	1.51	0.74	4.49	0.06	0.42	15.12	3.59	4.60
Hf (ppm)	1.50	1.50	1.10	0.50	2.40	<0.1	0.40	18.20	24.80	2.50
Ho (ppm)	0.37	0.40	0.31	0.18	0.80	<0.02	0.11	1.90	0.37	1.30
La (ppm)	7.10	8.50	5.60	1.10	6.90	0.50	1.60	91.40	27.10	5.80
Lu (ppm)	0.17	0.14	0.15	0.09	0.28	<0.01	0.06	0.67	0.17	0.52
Mo (ppm)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.70	-	-
Nb (ppm)	1.80	0.80	0.70	0.10	0.20	<0.1	0.20	33.90	8.40	3.60
Nd (ppm)	9.80	10.60	6.70	2.20	17.90	<0.3	2.10	107.60	24.10	11.30
Pr (ppm)	1.98	2.34	1.55	0.39	3.32	0.02	0.40	26.15	5.93	2.26
Rb (ppm)	7.70	6.10	9.50	3.60	1.70	1.60	1.70	148.70	4.40	1.60
Sc (ppm)	31.00	26.00	30.00	33.00	56.00	4.00	24.00	22.00	6.00	52.00
Sm (ppm)	2.32	2.44	1.46	0.56	4.58	0.10	0.42	18.74	4.03	3.58
Sn (ppm)	2.00	<1	<1	1.00	2.00	<1	4.00	3.00	-	1.00
Sr (ppm)	559.20	725.00	405.10	14.80	90.30	2.00	5.40	592.30	1,187.80	153.80
Ta (ppm)	0.20	0.20	0.20	<0.1	0.20	<0.1	0.10	1.30	0.30	0.20
Tb (ppm)	0.37	0.37	0.24	0.12	0.71	<0.01	0.08	2.11	0.44	0.93
Th (ppm)	0.40	<0.2	0.70	0.40	0.60	<0.2	0.40	2.90	0.30	-
Tm (ppm)	0.15	0.16	0.13	0.09	0.31	<0.01	0.05	0.72	0.15	0.53
U (ppm)	0.30	<0.1	0.20	0.20	0.20	<0.1	0.20	0.40	0.20	-
V (ppm)	277.00	147.00	166.00	150.00	243.00	30.00	99.00	165.00	63.00	376.00
W (ppm)	167.40	135.90	216.50	133.00	223.20	86.00	127.50	110.00	143.80	172.90
Y (ppm)	10.40	9.20	7.80	4.40	20.10	0.30	2.70	52.40	11.10	31.20
Yb (ppm)	1.11	0.97	0.95	0.56	1.85	0.06	0.42	4.46	0.79	3.47
Zr (ppm)	41.10	33.10	27.20	12.60	65.00	1.10	12.10	851.60	1,032.60	83.60
Co (ppm)	72.20	51.50	89.00	140.10	100.10	209.30	147.60	43.60	35.70	66.30
Cu (ppm)	37.70	43.00	76.90	703.50	125.60	102.60	581.00	36.10	85.80	16.60
Ni (ppm)	118.00	96.00	291.00	2,078.00	606.00	1,218.00	1,772.00	21.00	206.00	37.00
Pb (ppm)	4.40	4.70	4.20	24.30	1.80	0.60	11.70	1.10	1.50	-
Zn (ppm)	9.00	12.00	11.00	3.00	6.00	33.00	16.00	95.00	-	-
As (ppm)	1.60	0.60	1.20	<0.5	0.60	0.60	2.20	<0.5	-	-
Bi (ppm)	<0.1	<0.1	<0.1	5.10	<0.1	<0.1	4.30	<0.1	-	-

Valores de K₂O acima da *tie-line* Pl-Opx podem ser indicativos da ocorrência de feldspato potássico e flogopita (de maneira restrita) ou de alteração da rocha. Os valores de Fe₂O₃ acima da *tie-line* do Pl-Opx sugerem a presença de biotita, dos sulfetos disseminados ou ainda, alteração da rocha. O gráfico CaO-Al₂O₃ (figura 23) é compatível com rochas gabróicas fracionadas a partir da cristalização de Pl + Opx na base e Pl + Opx + Cpx em direção ao topo dessas rochas. Teores significativos de Ba (237 a 393 ppm) são compatíveis com a presença de hialofana verificada no xenólito que ocorre na

transição entre as rochas máficas e ultramáficas, conforme descrito na seção anterior.

Norito apresenta teores de MgO na ordem de 13,80 wt%. Valores de Al_2O_3 e CaO indicam a presença de plagioclásio e clinopiroxênio de forma mais restrita do que em gabro. Valores de K_2O na ordem de 0,49 wt% e Na_2O na ordem de 1,44 wt% são indicativos da presença de feldspato potássico ou de alteração das fases cumuláticas predominantes. Valores de Fe_2O_3 observados acima da *tie-line* Pl-Opx e Opx-Ol sugerem a ocorrência de biotita.

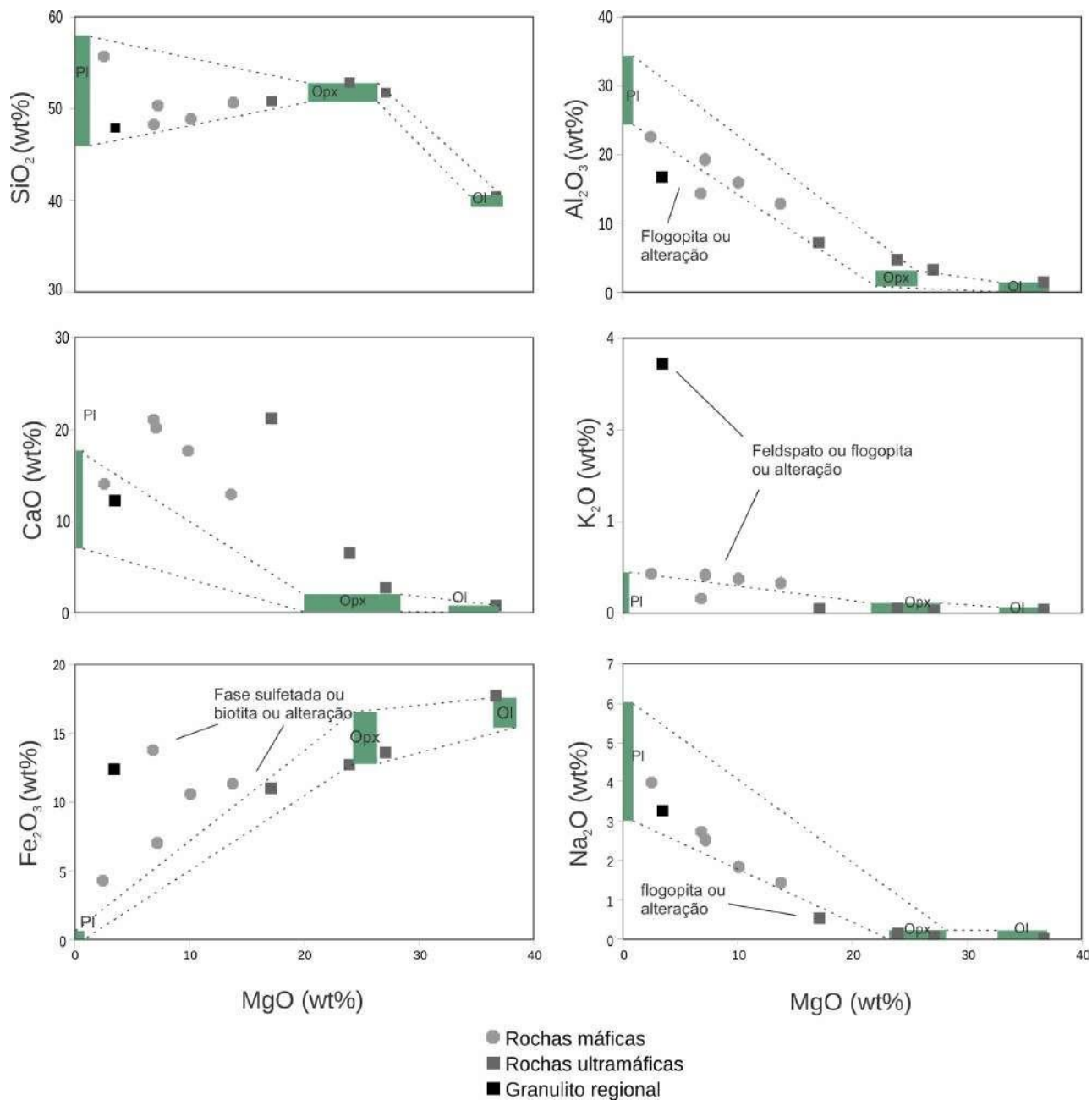


Figura 22: Gráficos de MgO versus o conteúdo dos elementos maiores para as rochas do Complexo de Damolândia. Os dados aqui apresentados foram retirados das análises geoquímicas de rocha total apresentados na tabela 1. Os campos utilizados para as delimitação das fases cumuláticas predominantes e das *tie-lines* foram elaborados a partir de média dos valores para os respectivos minerais observados no Complexo de Damolândia.

A amostra DM 18 é também um gabronorito tardio coletado em afloramento, sendo integrante da Zona Máfica de Topo. É a rocha que apresenta valores que mais destoam das demais rochas do CD. Possui valores mais baixos de MgO (3,47 wt%), Al₂O₃ de 16,72 wt%, Na₂O de 3,27 wt% e TiO₂ de 2,68 wt%, indicativo de óxidos de Fe-Ti como fases acessórias. Apresenta valores superiores de Ba de 2040 ppm, Nb de 33,9 ppm, Nd de 107,6 ppm, Rb de 148,7 ppm, Zr de 851,6 ppm e P₂O₅ de 1,19. Teores de incompatíveis (HFSE e LILE) mais elevados no caso desses granulitos são possíveis indicativos de geração dessas rochas a partir de manto metassomatizado ou possível metamorfismo subsequente extensivo dessas rochas e da presença de apatita como fase acessória. O granulito regional (DM20) analisado possui, de maneira geral, valores mais baixos que as demais rochas do CD, sendo MgO de 6,88 wt%, Al₂O₃ de 14,34 wt%, K₂O de 0,23 wt%, Na₂O de 2,73 wt% e TiO₂ de 1,68 wt%. Apresenta valores de Ba de 36 ppm, Nb de 3,6 ppm, Nd de 11,3 ppm, Rb de 1,6 ppm, Zr de 83,6 ppm e P₂O₅ de 0,13 wt%.

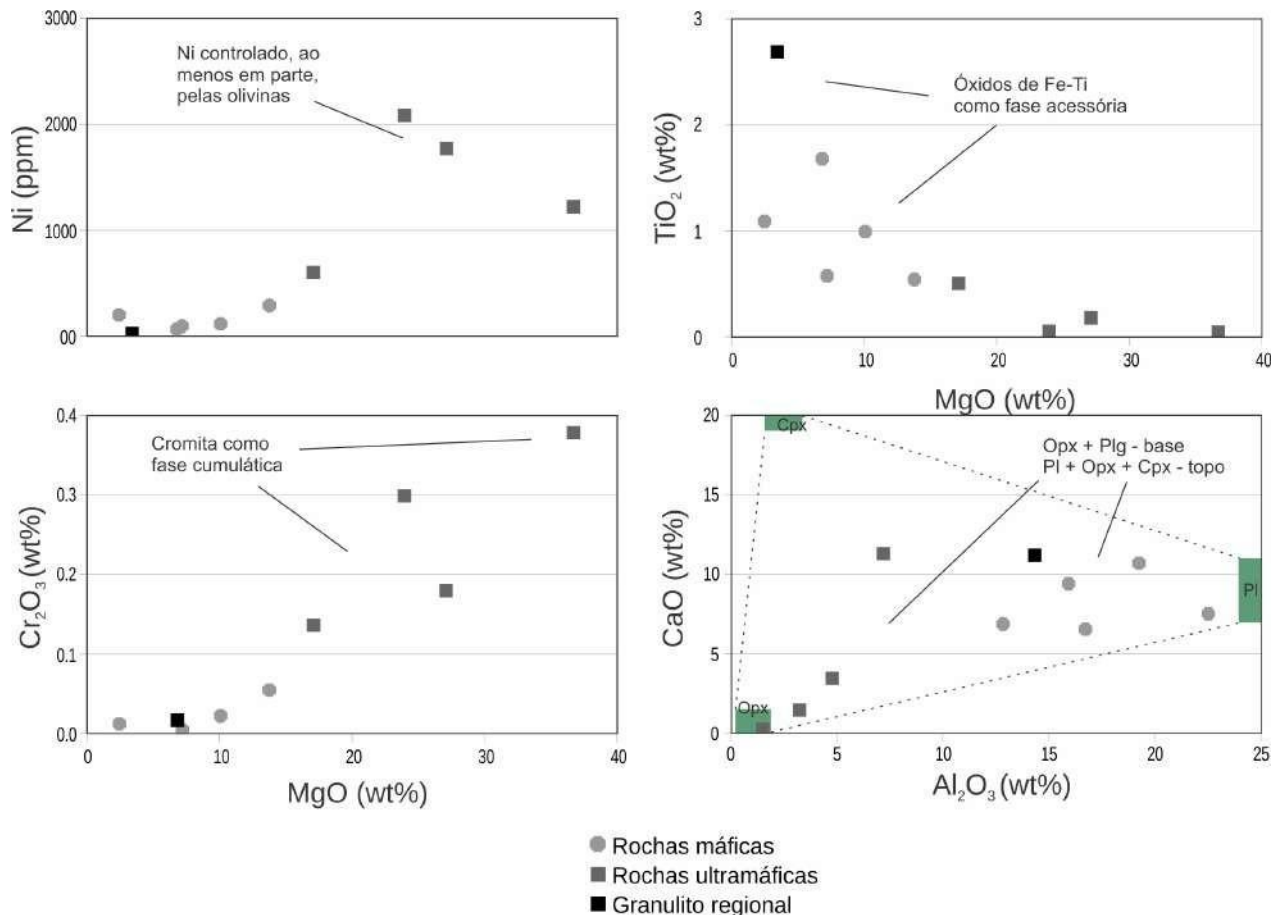


Figura 23: MgO versus o conteúdo dos elementos menores e gráficos de Al₂O₃ – CaO para as rochas do Complexo de Damolândia. Os dados aqui apresentados foram retirados das análises geoquímicas de rocha total apresentados na tabela 1. Os campos utilizados para as delimitação das fases cumuláticas predominantes e das tie-lines foram delimitados a partir de média dos valores para os respectivos minerais observados no Complexo de Damolândia.

4.4. Elementos traço

Rochas do CD apresentam valores relativamente baixos de elementos incompatíveis, o que é coerente com rochas compostas de cumulos de olivina e piroxênios e plagioclásio intersticial. A variação dos conteúdos de elementos incompatíveis entre as rochas do CD (figura 24) é resultado da combinação dos efeitos das associações variáveis dos minerais cumuláticos, da variação do fracionamento do magma parental e eventual variação da quantidade de líquido intercúmulus aprisionado (Barnes, 1986; Ferreira e Filho et al., 1998).

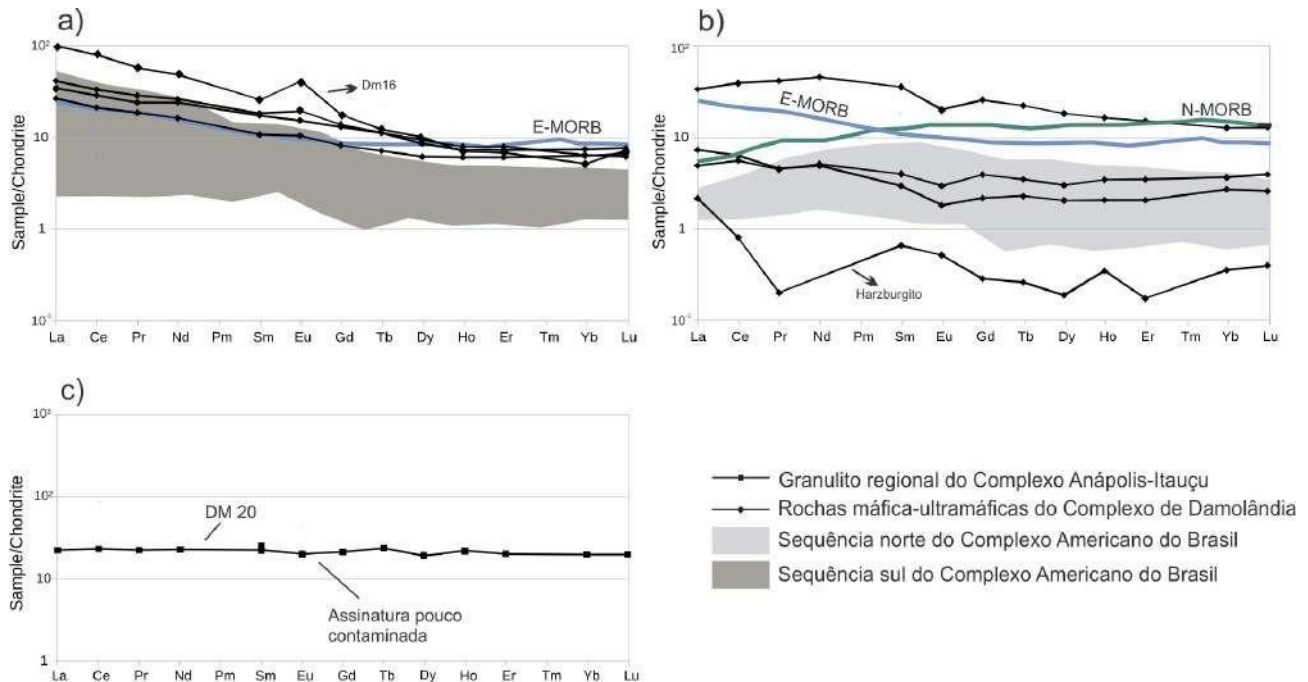


Figura 24: a) Perfis de elementos terras-raras (REE) das rochas do máficas Complexo de Damolândia normalizados pelo condrito; b) Rochas ultramáficas; c) Granulito regional. Os valores foram comparados aos de Americano do Brasil (Mota e Silva, 2009; Mota e Silva et al., 2011). Os dados foram normalizados a partir da tabela 1. Os valores padrões dos condritos normalizados foram retirados de Sun & McDonough (1989).

O gabro apresenta discreto enriquecimento em LREE (figura 24a) e empobrecimento em HREE e anomalia nula a positiva de Eu (indicativo de cristalização de plagioclásio cumulático variável). Rochas gabróicas apresentam desnível positivo para LREE, indicando enriquecimento progressivo em direção a LREE e desnível discreto a positivo para HREE, bem como distinta anomalia positiva de Eu. A amostra DM16 (gabronorito tardio) apresenta desnível acentuado para LREE, os menores valores observados para os HREE nas rochas máficas e a anomalia positiva de Eu.

Padrões de REE das rochas ultramáficas apresentam-se quase paralelos (figura 24b), o que reflete o comportamento de rochas compostas principalmente por olivina, piroxênios e plagioclásio. As rochas apresentam assinaturas pouco contaminadas. Apresentam também, de maneira geral, valores que plotam abaixo de valores do N-MORB (manto depletado), o que reflete a natureza primitiva dessas

rochas. Além disso, apresentam característica anomalia negativa de Eu. De maneira geral, o enriquecimento em REE com a estratigrafia pode ser resultado de fracionamento ascendente do magma parental.

O granulito regional DM 20 analisado é a rocha com assinatura menos contaminada (figura 24c).

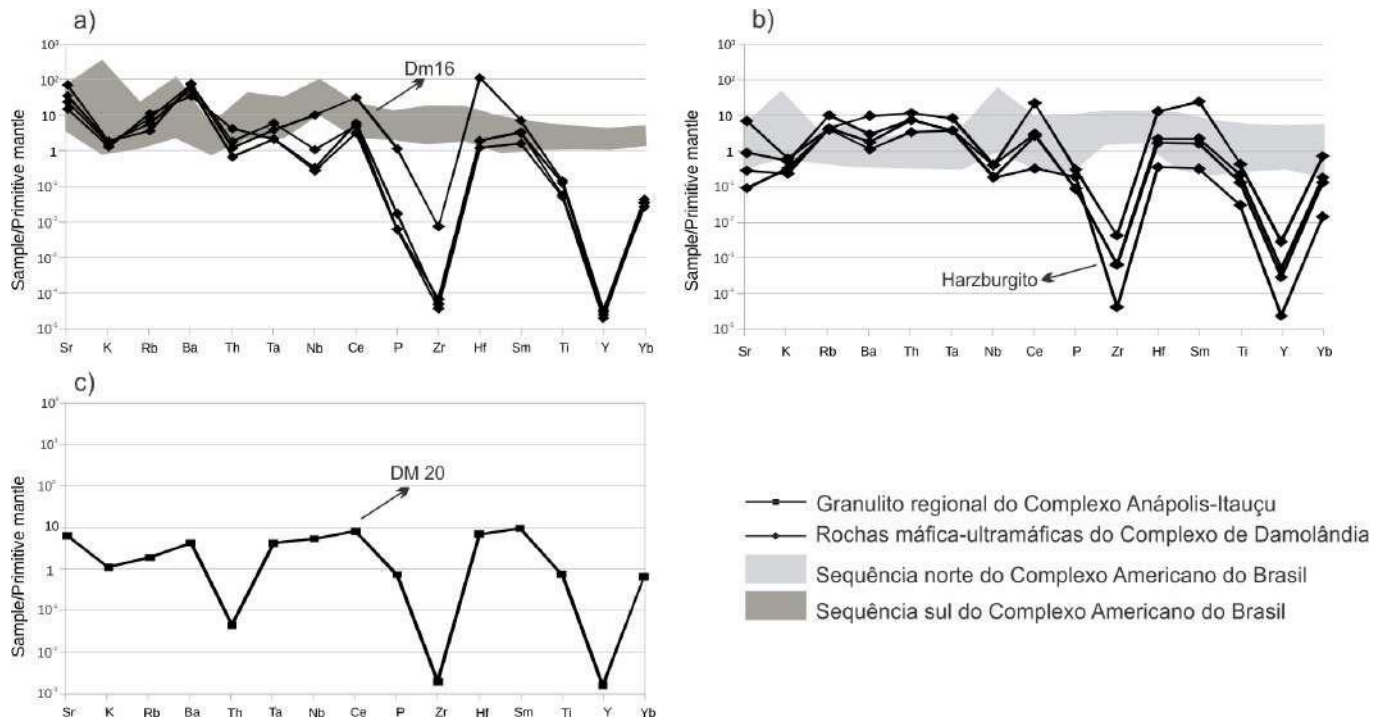


Figura 25: a) Perfis dos elementos traço normalizados pelo manto primitivo das amostras das rochas máficas do Complexo de Damolândia; b) Rochas ultramáficas; c) Granulito regional. Os valores foram comparados aos do Complexo Americano do Brasil (Mota e Silva, 2009; Mota e Silva et al., 2011). Os dados foram normalizados a partir da tabela 1 e os valores de normalização do manto primitivo são de Sun & McDonough (1989).

A comparação tanto dos teores de REE quanto de elementos traço (figura 25) com os valores publicados por Mota e Silva (2009) revela que os valores de REE se assemelham aos valores da sequência sul do Complexo Americano do Brasil (CAB). As rochas do CD apresentam teores enriquecidos de HREE em relação às rochas máfico-ultramáficas da sequência sul do CAB. Quando comparados aos dados do CAB os valores dos elementos traço do Complexo de Damolândia apresentam valores inferiores, o que sugere uma natureza menos fracionada. A anomalia de Ba alta é referente à amostra DM18, que é um gabronorito tardio da Zona Máfica de Topo. O CD se aproxima mais de E-MORB, enquanto o CAB é toleítico tipo N-MORB. Isso evidencia contribuição do manto metassomatizado no CD. Enquanto o CAB é de possível ambiente *back-arc* como definido por Mota e Silva (2009), o CD representa o típico exemplo de intrusão sinorogênica, concomitante à colisão e ao metamorfismo.

5. Geotermobarometria do granada-hedembergita granulito

Termobarometria é, por definição, a determinação das condições P-T de formação de determinada associação mineral (Powell et al., 2008). Partindo do pressuposto de que os cálculos termobarométricos são realizados em equilíbrio termodinâmico, deve-se supor de maneira semelhante que a associação mineral utilizada nos cálculos esteve em equilíbrio (mesmo que em parte) durante o caminho P-T percorrido pela rocha em questão.

Segundo Powell & Holland (2008), considera-se termobarometria convencional como sendo aquela que inclui todos os métodos termobarométricos que se baseiam em reações balanceadas entre os membros finais das fases em equilíbrio. Em granulitos e rochas UHT, cálculos termobarométricos apresentam uma dificuldade a mais, tanto pelo papel que a fusão parcial destas rochas desempenha quanto pelo fato que a difusão, processo físico fortemente controlado pela temperatura, torna-se notavelmente mais pronunciada quando a rocha alcança fácies granulito e condições UHT (Powell & Holland, 2008).

Uma das maneiras de obter bons resultados em um cálculo P-T é com programas que utilizam banco de dados termodinâmicos internamente consistentes, como THERMOCALC (Holland & Powell, 2011), PTMafic (Soto & Soto, 1995) ou TWEEQU (Berman, 1988), entre outros. Dentre os programas utilizados nos cálculos aqui descritos do granada-hedembergita granulito, cita-se o supracitado THERMOCALC v3.33 e o LibreOffice Calc v5.0, sendo este último muito utilizado nos cálculos utilizando cálculos de geotermobarômetros convencionais. Juntamente com os *softwares* de cálculos geotermobarométricos já mencionados, o programa 'a-x' v2.2 (Holland & Powell, 2011), programa baseado no cálculo das atividades dos membros finais das fases minerais envolvidas nas reações termobarométricas, foi também utilizado durante os cálculos.

THERMOCALC é um *software* que, de maneira geral, utiliza um conjunto de reações que agregam e combinam informações de todos os membros finais de minerais envolvidos nas reações de um determinado sistema químico. Este programa realiza o cálculo de modo a diminuir os erros associados aos valores finais, onde o erro associado aos cálculos feitos pelo programa é efetuado por meio do deslocamento desses valores dentro de suas barras de erro até que se define uma elipse com o menor erro associado possível (Powell & Holland, 1994).

Rochas que foram submetidas a condições UHT e que apresentam uma associação mineral preservada geralmente estão associados a áreas onde granulitos “regulares” (Harley, 1989; Harley & Hensen, 1990; Moraes & Fuck, 2000; Cooke & O'Brien, 2001; Moraes et al, 2002) podem ser observados. Essa observação sugere que retrometamorfismo ocorrido com a presença de fusão em fácies granulito pode retornar rochas UHT às associações minerais em equilíbrio no fácies granulito

(Moraes et al, 2002).

Estudos anteriores mostraram a existência de rochas UHT em determinadas localidades do Complexo Anápolis-Itaçu, sendo Damolândia um deles (Moraes et al., 2002; Baldwin et al., 2005). Associações minerais diagnósticas, como safirina coexistindo com quartzo e ortopiroxênio aluminoso coexistindo com silimanita e quartzo reportadas no CAI e diagnósticas de metamorfismo UHT de rochas supracrustais aluminosas.

Moraes et al. (2002) e Baldwin et al. (2005) utilizaram o software THERMOCALC (Powell & Holland, 1988; Powell et al., 1998), sendo que o trabalho publicado por Baldwin et al. (2005) aliou seus cálculos ao modelo a-x publicado para safirina (Kelsey et al., 2004) para realização de cálculos no sistema FMAS(H). A amostra utilizada nos estudos de Moraes et al (2002) e Baldwin et al. (2005) é um quartzito impuro, com acamamento composicional definido por proporções variadas de quartzo, ortopiroxênio, granada e silimanita e que exhibe foliação pervasiva. O afloramento consiste de blocos isolados de UHT entre granulitos de composição máfica e félsica. Devido à pobre exposição, as relações estruturais entre os granulitos UHT e as rochas associadas não é conhecida.

Moraes et al. (2002) interpretaram a condição mínima de P-T durante o pico metamórfico como tendo sido de 1030-1050 °C e aproximadamente 10 kbar, mas sugerem em seu trabalho que os teores de Al₂O₃ nos ortopiroxênios podem indicar temperaturas que excedem 1150 °C. Além disso, Moraes et al. (2002) inferiram trajetória P-T em sentido horário e especularam que a pressão máxima extrapolou os 10 kbar, sendo atingida antes da temperatura máxima registrada.

O modelamento feito por Baldwin et al. (2005) de granulitos UHT ricos em Mg e Al na mesma localidade do CAI indica que a formação inicial de uma associação mineral granada-ortopiroxênio-sillimanita-quartzo, de granulação grossa, ocorreu sob condições de 1000 °C e 9 kbar. O trajeto P-T compatível com as microestruturas observadas envolve um componente de descompressão (< 1 kbar) seguido por resfriamento (< 100 °C).

A diferença das condições P-T calculadas nos dois trabalhos e o motivo por trás disto foge ao escopo do presente estudo e recomenda-se a leitura de Moraes et al. (2002) e Baldwin et al. (2005) para maior detalhamento.

5.1 Granada-hedembergita granulito

A rocha modelada consiste em um granada-hedembergita granulito, doravante chamado apenas de granulito UHT, localizado na região de Damolândia, em contato com o CD. É uma rocha holocristalina, de granulação média a fina e com cristais xenoblásticos. É composta por aproximadamente 45% de plagioclásio, 35% de granada e 20% de clinopiroxênio. Com a exceção de

um veio de granada visível em lâmina delgada, a rocha apresenta-se homogênea. Observa-se também em lâmina delgada coroa de reação (figura 5°, n e p) entre granada (grossulária) e clinopiroxênio (hedembergita) que pode ser descrito pela reação simplificada seguinte



5.2. Geotermômetros convencionais

5.2.1. Granada-Clinopiroxênio

Esse geotermômetro é utilizado para rochas de alto grau, como granulitos básicos e intermediários a eclogitos, de ambientes distintos, com clinopiroxênio e granada em sua paragênese. Estudos experimentais da partição de Fe^{+2} e Mg^{+2} mostram que a constante K_D pode ser dada pela expressão

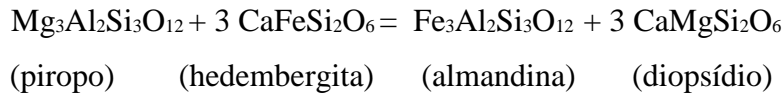
$$K_D = (\text{Fe}^{+2}/\text{Mg}^{+2})^{\text{Grt}}/(\text{Fe}^{+2}/\text{Mg}^{+2})^{\text{Cpx}}$$

entre granada e clinopiroxênio coexistentes, indicando que esta distribuição é função tanto das condições físicas quanto da variação composicional das fases envolvidas (Råheim & Green, 1974a; Ellis & Green, 1979; Pattison & Newton, 1989; Ai, 1994).

As condições de temperatura foram calculadas por meio dos geotermômetros convencionais de Ellis & Green (1979), Pattison & Newton (1989) e Ravna (2000). Foram utilizados 27 pares de Grt-Cpx nos cálculos geotermométricos. Pattison & Newton (1989) fazem uma ressalva quanto aos teores da fração molar de Ca em granada (X_{Ca}) e Mg#, que devem variar de 0,2 a 0,5 e 0,125 a 0,600, respectivamente. Como os minerais da rocha não se encontram dentro desses limites composicionais, apresentando valores de X_{Ca} variando entre 0.74 e 0.85 e de Mg# variando entre 0.01 e 0.03, os dados obtidos a partir desse termômetro não serão apresentados neste trabalho, por não refletirem as verdadeiras condições P e T do granulito UHT. Em contrapartida, os dados obtidos com os termômetros de Ellis & Green (1979) e Ravna (2000) para os 27 pares de grt-cpx encontram-se detalhados na tabela 3.

Ellis & Green (1979) mostraram que em pressões entre 24 e 30 kbar e temperaturas variando de 750 a 1300 °C o K_D também depende do conteúdo de Ca na granada e aparentemente independe do conteúdo de $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$ tanto do clinopiroxênio quanto da granada. Mesmo tendo sido calibrado para pressões mais altas, os autores afirmam que este termômetro pode ser extrapolado para pressões mais baixas, justamente por apresentar a característica de ser linear. Estes autores afirmam que o efeito do teor de Ca se dá devido às combinações e substituições não ideais em granada e clinopiroxênio.

O termômetro de Ellis & Green (1979) foi desenvolvido a partir da equação de troca de Fe-Mg entre granada e piroxênio segundo a reação



e dá-se pela expressão

$$T \text{ (K)} = [3104X_{\text{Ca}}^{\text{grt}} + 3030 + 10.86P \text{ (kbar)}]/[\ln K_D + 1.9034]$$

onde

K_D: coeficiente de distribuição de Fe e Mg entre granada e clinopiroxênio;

X_{Ca}^(grt): é a fração molar de Ca em granada; e

P: pressão estimada para as rochas em questão.

O geotermômetro de Ravna (2000) é uma revisão dos termômetros de Ellis & Green (1979) e Pattison & Newton (1989). Conforme já mencionado, o geotermômetro de Ellis & Green (1979) mostra relação linear entre o conteúdo de Ca em granada e ln de K_D (que foi quantificado e integrado em sua expressão geotermométrica). Pattison & Newton (1989) compilaram um conjunto de dados extenso, demonstrando que o número de Mg (Mg# = 100 X Mg/(Mg + Fe⁺²)) da granada tem efeito significativo no valor do K_D. Tendo isso em vista, os autores inseriram uma equação polinomial de terceira ordem a fim de levar este efeito em conta e, a partir disto, derivaram novo geotermômetro (Pattison & Newton, 1989).

A diferença do geotermômetro de Ravna (2000) é que este leva em consideração o efeito do teor de Mn em granada no cálculo do K_D. As rochas utilizadas na calibração do termômetro de Ravna (2000) apresentam ampla variação de temperatura (600 a 1740 °C) e pressão (10 a 60 GPa), dada pela equação:

$$T \text{ (}^\circ\text{C)} = [(1939.9 + 3270X_{\text{Ca}}^{\text{grt}} - 1396(X_{\text{Ca}}^{\text{grt}})^2 + 3319X_{\text{Mn}}^{\text{grt}} - 3535(X_{\text{Mn}}^{\text{grt}})^2 + 1105X_{\text{Mg}\#}^{\text{grt}} - 3561(X_{\text{Mg}\#}^{\text{grt}})^2 + 2324(X_{\text{Mg}\#}^{\text{grt}})^3 + 169.4P(\text{GPa})]/[(\ln K_D + 1223 - 273)]$$

onde

$$X_{\text{Ca}} = \text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Mn} + \text{Fe} + \text{Mg})$$

$$X_{\text{Mn}} = \text{Mn}/(\text{Ca} + \text{Mn} + \text{Fe} + \text{Mg})$$

$$X_{\text{Mg}\#} = \text{Mg}/(\text{Fe} + \text{Mg})$$

O erro associado a esta equação é de ±100 °C.

O geotermômetro de Ravna (2000) mostra a relação entre as trocas de Fe⁺² – Mg⁺², o valor de K_D, variação composicional da granada, pressão e temperatura entre granada e clinopiroxênio coexistentes. As análises experimentais efetuadas no trabalho de Ravna (2000) mostram que variação significativa de Na (até X_{Na} = 0.51) em clinopiroxênio não afeta o resultado das temperaturas calculadas. Por levar em consideração o teor de Mn em granada, o geotermômetro de Ravna (2000) amplia o campo composicional que pode ser modelado na geotermometria.

Deve-se, entretanto, ter cautela quando geotermômetros convencionais são calculados levando em conta trocas catiônicas simples. Um dos principais motivos disto ser um problema é a troca catiônica tardia durante o resfriamento da rocha, que comumente perturba a composição de pico. Além disso, outro problema adicional na utilização dos termômetros convencionais que levam em consideração a troca de Fe^{+2} entre as fases coexistentes é que normalmente só se tem dados do valor de ferro total. Portanto, normalmente não se tem a separação entre ferro férrico e ferroso, mesmo havendo várias maneiras de se realizar o cálculo desta razão. Tais cálculos, tanto em granada quanto em piroxênio, são bastante sensíveis a imprecisões analíticas e podem apresentar resultados imprecisos (Ellis & Green, 1979). No entanto, Ravna (2000) ressalta que anfíbolitos máficos “comuns” e granulitos com diopsídio-hedenbergita ricos em Fe não apresentam desvio significativo no valor calculado da temperatura quando o cálculo da razão $\text{Fe}^{+3}/\text{Fe}^{+2}$ é feito com base na estequiometria.

5.2.2. Aplicação dos geotermômetros convencionais

No artigo de Ellis & Green (1979) os autores citaram vários exemplos de sistemas químicos naturais que foram submetidos ao termômetro a fim de verificar sua eficácia. Um dos exemplos foi retirado do artigo de Wood (1975), que descreveu granada-clinopiroxênio ortognaisse na região de South Harris, Escócia. Estimativas de temperaturas baixas reportadas no artigo (~730 °C) não coincidem com outros métodos citados no mesmo artigo (para maior detalhamento, sugere-se a leitura do artigo de Wood, 1975). Quando os dados publicados no artigo foram submetidos ao termômetro de Ellis & Green (1979), as temperaturas reportadas entre 790 e 870 °C, provaram ser mais consistentes com os outros métodos reportados no artigo. Outro exemplo citado foi a partir de compilação dos dados do artigo de Green (1969). Nesse artigo, o autor descreve eclogitos que apresentam ampla variação nos teores de X_{Ca} e $\text{Mg}\#$ da granada. Temperaturas reportadas neste artigo variam de 564 a 654 °C (à pressão de 10 kbar). O termômetro de Ellis & Green (1979) resultou em temperaturas variando de 635 a 640 °C que se assemelham às temperaturas reportadas no artigo e também apresentam menor variação.

O termômetro de Ravna (2000) foi testado em sistemas naturais, tanto nos mais simples quanto nos mais complexos, que contém a associação granada-clinopiroxênio. Tais dados foram computados a partir de vários trabalhos publicados. A partir de 404 pares de granada-clinopiroxênio retirados de 27 trabalhos publicados, 311 foram considerados consistentes e foram utilizados, juntamente com dados retirados de 49 sistemas químicos ricos em Mn. Os dados utilizados abrangem amplo intervalo de temperaturas (600 – 1740 °C), pressões (10 – 60 GPa) e composições. A tabela 2 foi retirada do trabalho publicado por Ravna (2000) e contém os dados provenientes de sistemas químicos tanto

naturais quanto sintéticos utilizados na calibração deste geotermômetro.

O geotermômetro de Ellis & Green (1979) é, assim como o geotermômetro de Ravna (2000), dependente da pressão e, portanto, deve-se assegurar uma boa estimativa desta variável a fim de obter valores mais confiáveis de temperatura. Assim, para o cálculo das temperaturas nos dois geotermômetros, utilizaram-se as pressões de 9 kbar de Baldwin et al. (2005), 10 kbar de Moraes et al. (2002), obtidos no modelamento de granulitos UHT nas proximidades de Damolândia e, de 11 kbar, a fim de testar o efeito da pressão nas temperaturas calculadas com os geotermômetros.

Tabela 2: Dados experimentais de sistemas químicos naturais e sintéticos com grt-cpx coexistentes utilizados na calibração do termômetro de Ravna (2000) (retirado de Ravna (2000)).

Source	<i>P</i> (GPa)	<i>T</i> (°C)	No. of pairs given	No. of pairs used
Råheim & Green (1974a)	2.0–4.0	600–1500	39	33
Råheim & Green (1974b)	1.2–3.0	1100–1300	6	3
Irving (1974)	1.53–2.7	1100–1200	4	4
Akella (1976)	3.1–4.4	1100–1300	3	1
Ellis & Green (1979)	1.5–3.0	750–1300	45	32
Johnston (1986)	2.3–3.0	1275–1455	7	6
Carroll & Wyllie (1989)	1.5	850–1030	10	6
Mengel & Green (1989)	2.5–2.8	975–1250	11	7
Brey <i>et al.</i> (1990)	2.8–6.0	900–1400	56	48
Wallace & Green (1991)	2.0–3.0	900–1100	15	11
Green & Adam (1991)	1.0–3.0	950–1200	17	17
Green (1992)	1.5	950	1	1
Draper & Johnston (1992)	1.5–2.0	1250–1400	7	4
Poli (1993)	2.0–2.6	650	3	3
Rushmer (1993)	1.8	950	1	1
Bertka & Holloway (1994)	2.4	1320	1	1
Ai (1994)	2.5–3.8	1200–1500	47	45
Sen & Dunn (1994)	1.5–2.0	925–1150	13	10
Mitchell (1995)	5.0–7.0	1200–1600	12	4
Patño Douce & Beard (1995)	1.25–1.5	930–1000	8	6
Rapp & Watson (1995)	1.6–3.2	980–1150	38	24
Longhi (1995)	3.0	1490–1538	4	4
Skjerlie & Johnston (1996)	1.0–2.0	850–1000	18	15
Draper & Green (1997)	3.0	1300	1	1
Springer & Seck (1997)	1.25–1.5	900–1100	5	2
Walter (1998)	3.0–7.0	1500–1820	17	9
Ernst & Liu (1998)	1.2–2.2	650–950	15	13
Total experimental data			404	311
Natural Mn-rich assemblages				
Dahl (1980)	0.7	680	10	10
Devaraju & Laajoki (1986)	0.7	735	13	12
Mahabaleswar (1986)	0.7	735	17	14
Bhattacharya <i>et al.</i> (1990)	0.7	735	13	13

O granulito UHT regional utilizado no modelamento geotermobarométrico apresenta grossulária, andradita e hedembergita em sua paragéneses de pico metamórfico. Assim, estando esses minerais em equilíbrio durante o pico do metamorfismo, os geotermômetros e geobarômetros convencionais podem ser empregados no cálculo geotermobarométrico do granada-hedembergita granulito.

Tabela 3: Valores das temperaturas obtidos para os geotermômetros convencionais de Ellis & Green (1979) e Ravna (2000) em pressões de 9, 10 e 11 kbar (Baldwin et al., 2005; Moraes et al., 2002).

	Ellis & Green (1979)			Ravna (2000)			
	9	10	11	9	10	11	
B O R D A	grt(1)-cpx(1)	1131.19	1133.90	1136.62	1166.08	1171.19	1176.29
	grt(2)-cpx(2)	869.61	872.03	874.44	962.89	967.33	971.77
	grt(3)-cpx(2)	960.03	962.49	964.94	1017.67	1022.19	1026.71
	grt(4)-cpx(3)	964.41	966.83	969.25	1007.50	1011.95	1016.40
	grt(5)-cpx(3)	1104.37	1107.10	1109.83	1160.83	1165.98	1171.13
	grt(6)-cpx(4)	890.86	893.10	895.33	927.35	931.41	935.47
	grt(7)-cpx(5)	991.63	994.01	996.40	1008.21	1012.57	1016.94
	grt(8)-cpx(6)	1081.00	1083.54	1086.09	1095.53	1100.26	1104.98
	grt(9)-cpx(7)	1167.36	1170.09	1172.82	1185.53	1190.67	1195.81
	grt(10)-cpx(7)	1166.02	1168.72	1171.43	1175.09	1180.17	1185.25
	grt(11)-cpx(6)	848.56	850.75	852.94	898.04	902.00	905.96
N Ú C L E O	grt(12)-cpx(7)	922.51	924.79	927.06	950.80	954.94	959.09
	grt(13)-cpx(5)	1060.39	1062.90	1065.42	1075.75	1080.41	1085.07
	grt(14)-cpx(5)	1028.18	1030.64	1033.11	1046.39	1050.93	1055.47
	grt(15)-cpx(6)	1002.97	1005.36	1007.76	1018.74	1023.14	1027.53
	grt(16)-cpx(7)	1009.33	1011.76	1014.20	1030.55	1035.03	1039.52
	grt(17)-cpx(5)	915.44	917.67	919.90	935.13	939.18	943.23
B O R D A	grt(18)-cpx(6)	900.90	903.10	905.31	922.13	926.13	930.12
	grt(19)-cpx(7)	1230.67	1233.49	1236.30	1236.23	1241.56	1246.89
	grt(20)-cpx(5)	997.29	999.68	1002.07	1015.23	1019.62	1024.01
	grt(21)-cpx(7)	1113.72	1116.36	1118.99	1132.73	1137.65	1142.58
	grt(21)-cpx(4)	1078.70	1081.26	1083.83	1098.74	1103.51	1108.28
	grt(22)-cpx(6)	926.11	928.40	930.69	957.99	962.16	966.34
	grt(23)-cpx(6)	1005.32	1007.83	1010.34	1053.32	1057.98	1062.63
	grt(24)-cpx(5)	1005.71	1008.25	1010.79	1061.00	1065.71	1070.42
	grt(25)-cpx(7)	1130.75	1133.56	1136.36	1190.56	1195.87	1201.17
	grt(26)-cpx(5)	1042.84	1045.33	1047.82	1062.12	1066.72	1071.32

Conforme se verifica na tabela 3, os valores obtidos para o termômetro de Ravna (2000) são superiores aos observados para o termômetro de Ellis & Green (1979) o que se deve ao fato do primeiro levar em consideração a variação de X_{Mn} na granada (figura 26). Não se observa correlação positiva entre os valores dos teores de X_{Ca} da granada e as temperaturas observadas, tanto para o termômetro de Ellis & Green (1979) quanto para o de Ravna (2000), o que pode ser verificado na figura 26a e b, onde se observa que para teores semelhantes de X_{Ca} há uma variação significativa nos valores da temperatura. Essa falta de correlação positiva pode ser devido aos altos teores de Ca observados nessa rocha. Tão pouco se observa correlação entre os teores de X_{Mn} da granada e os valores das temperaturas calculadas, conforme pode ser verificado pela figura 26c. Talvez isso se deva ao fato do granulito UHT não apresentar teores significativos de MnO, variando de 0.02 até 0.439 wt % (tabela clinopiroxênio, anexo I). Mesmo levando-se isso em consideração, as temperaturas obtidas com os

termômetros em questão revelam temperaturas UHT.

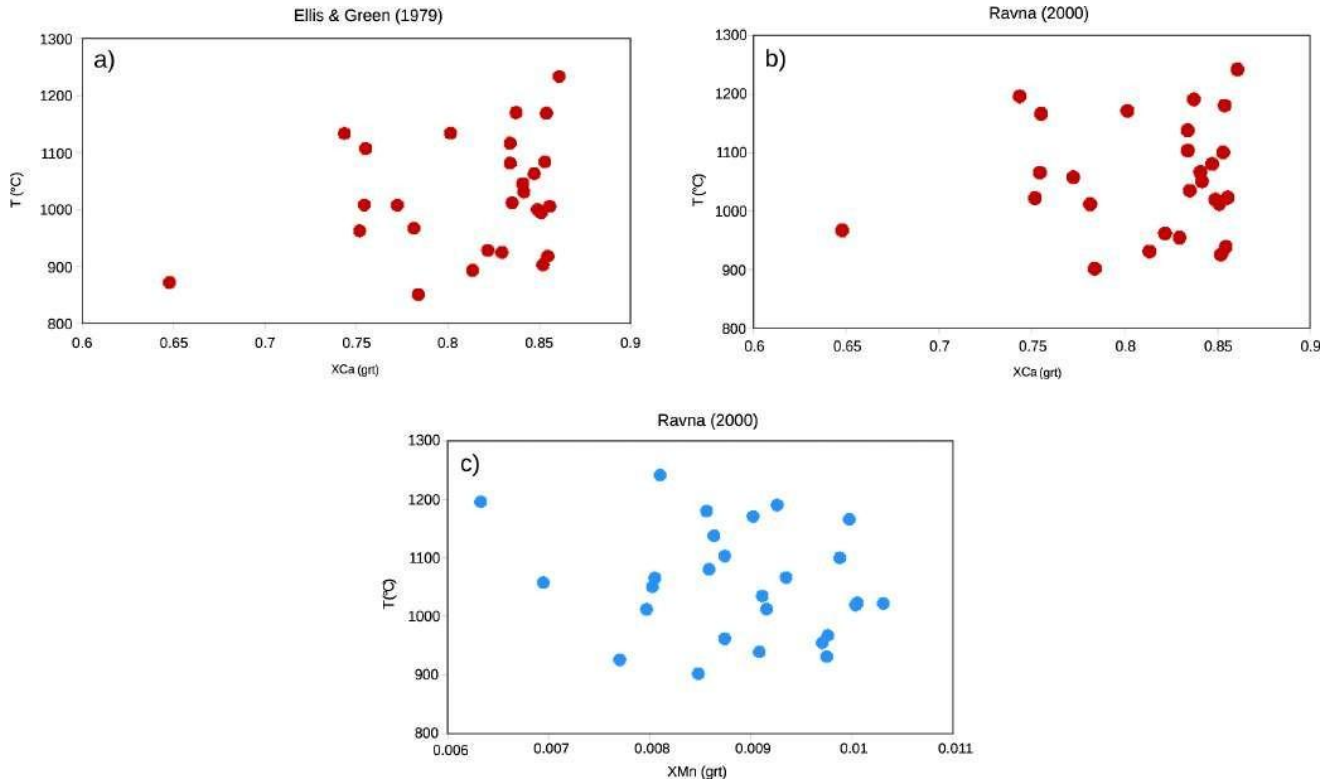


Figura 26: a) Teores da fração molar de Ca (X_{Ca}) da granada *versus* as temperaturas ($^{\circ}C$) obtidas com o geotermômetro de Ellis & Green (1979); e b) Ravna (2000); c) teores da fração molar de Mn (X_{Mn}) da granada *versus* as temperaturas obtidas com o termômetro de Ravna (2000).

Os pares analisados entre grt7 e grt21 representam as análises em cima do perfil composicional apresentado no sub item silicatos. A variação das temperaturas de Ellis & Green (1979) e Ravna (2000) ao longo do perfil composicional é apresentada na figura 27. Observa-se que as temperaturas registradas no centro são inferiores às observadas nas bordas, o que pode ser justificado por metamorfismo heterogêneo ou por dados calculados em desequilíbrio. Ou seja, os dados de temperatura obtidos para valores acima de $\sim 1000-1100^{\circ}C$ podem ter sido obtidos a partir de análises conjuntas de núcleo e borda da granada e do clinopiroxênio e que, portanto, não estariam em equilíbrio.

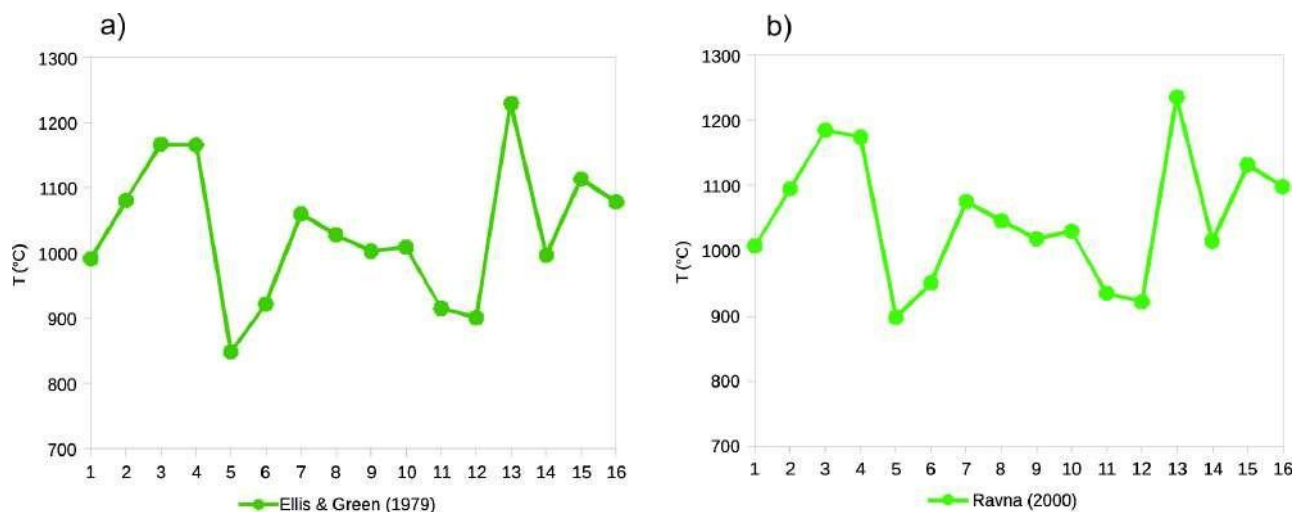


Figura 27: a) Variação das temperaturas calculadas com os termômetros de Ellis & Green (1979); e b) Ravna (2000), ao longo do perfil composicional da granulada.

A fim de manter a consistência interna dos dados reportados, as pressões estimadas para o cálculo das temperaturas foram refinadas com o uso do geobarômetro adequado, que será detalhado abaixo. As temperaturas utilizadas para o cálculo sistemático das pressões foram as obtidas tanto com o termômetro de Ellis & Green quanto com o de Ravna, obtidos para a menor pressão investigada, reportada por Baldwin et al. (2005).

5.3. Geobarômetros convencionais

5.3.1. Granada-piroxênio-plagioclásio-quartzo

Vários geobarômetros aplicados às rochas em fácies granulito se baseiam em reações entre os membros finais de minerais que coexistem. Dois dos principais geobarômetros utilizados contemplam as associações mineralógicas de plagioclásio + piroxênio + granada + quartzo, sendo aplicáveis para metabasaltos e metapelitos. Moecher et al. (1988) descrevem o geobarômetro da reação



que chamou de geobarômetro 'HD' e foi recalculado para o sistema $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO-MgO-SiO}_2$, baseado em dados termodinâmicos obtidos de diferentes fontes e derivado de uma variedade de equilíbrios experimentais. Com base nesses dados, a constante K calculada por Moecher et al. (1988) para o barômetro HD é

$$K = [(a^2\text{Gr} \cdot a\text{Alm}) / (a^3\text{An} \cdot a^3\text{Hd})]$$

onde "a" é a atividade no sistema "a-x" calculada para os membros finais das fases minerais da reação. Deve-se considerar que a aplicação desse equilíbrio para os sistemas naturais requer a consideração da redução da atividade dos membros finais dos componentes devido à ocorrência de soluções sólidas em

plagioclásio, granada e clinopiroxênio.

Posteriormente, Essene (1989) resumiu os principais geobarômetros convencionais e apresentou a constante K calculada para a reação inversa que, por melhor se encaixar com o que é observado pela rocha UHT aqui descrita, é a que será usada para o cálculo da pressão no presente capítulo e é dada por:

$$K = [(a^3\text{An} \cdot a^3\text{Hd}) / (a^2\text{Gr} \cdot a\text{Alm})]$$

A partir do cálculo apropriado dos modelos de atividade para plagioclásio, granada e clinopiroxênio, a constante K pode ser calculada. Com estes valores em mãos e aliando-os a uma estimativa de temperatura confiável, a pressão pode ser calculada com o auxílio das curvas de logK (figura 28) sem que se faça necessária a utilização de outro aparato matemático. Os valores de pressão obtidos com essas ferramentas foram compilados na tabela 4.

Conforme já mencionado, as temperaturas utilizadas nas estimativas das pressões foram as calculadas tanto com o geotermômetro de Ellis & Green (1979) como com o de Ravna (2000). Como a variação dos valores de T observados no mesmo termômetro para as três pressões inicialmente utilizadas é pequeno (em geral de 2 ou 3 °C), as temperaturas escolhidas para o refinamento das pressões foram as obtidas para a pressão de 9 kbar proposta por Baldwin et al., (2005).

Segundo Moecher et al. (1988), na aplicação do barômetro HD deve se ter cuidado com a extrapolação da pressão em sistemas ricos em Mg. Durante os testes com o barômetro observou-se que as maiores discrepâncias foram registradas em piroxênios com altos valores de Mg#, o que se deve ao fato de que, de maneira geral, piroxênios nas associações grt-cpx-opx-plg-qtz se tornam mais magnesianos e aluminosos conforme a pressão aumenta (Moecher et al., 1988). Os autores também destacam também que, quanto maior a pressão, maior a extrapolação do membro final do sistema Fe e, portanto, menos confiáveis serão as pressões calculadas pelo geobarômetro HD. Os valores de Mg# para clinopiroxênio do granulito UHT variam de 0,15 a 0,23.

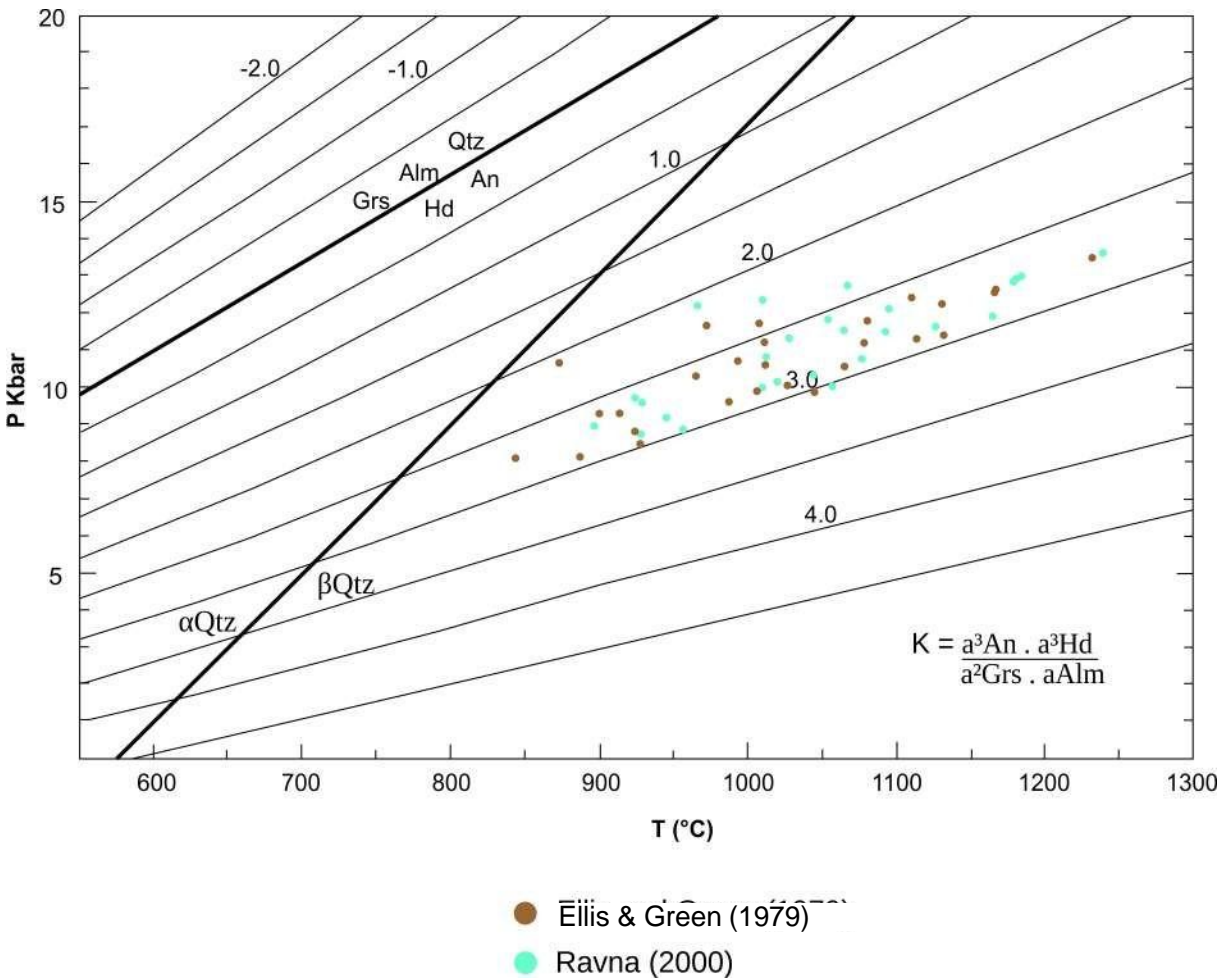


Figura 28: Gráfico do cálculo das pressões por meio das curvas de logK (modificado de Essene, 1989).

As pressões calculadas com o geobarômetro HD foram realizadas com as mesmas associações minerais utilizadas para os cálculos de temperatura. Análise das tabelas 3 e 4 revela que as maiores pressões são verificadas nas amostras que apresentam as maiores temperaturas calculadas, o que evidencia estrita relação entre a pressão e a temperatura para este sistema, o que pode ser verificado na figura 30. A dependência da temperatura por parte do barômetro HD pode ser considerada confiável dentro de uma incerteza de ± 50 °C no cálculo de logK. Para este grau de incerteza o valor do erro associado de K é de 1 a 2% e, portanto, a pressão varia em ± 1 kbar (Moecher et al., 1988).

Além desta dependência intrínseca da temperatura, que pode ser verificada nos gráficos da figura 30, variações composicionais na ordem de 1 mol% de An no plagioclásio, Hd no clinopiroxênio e Alm na granada correspondem a variações de pressão na ordem de 0.1 kbar. Já uma variação composicional de Grs apresenta efeitos até duas vezes maiores (Moecher et al, 1988). Assim como se observa para as temperaturas, variação das pressões ao longo do perfil composicional da granada também pode ser observada (figura 29).

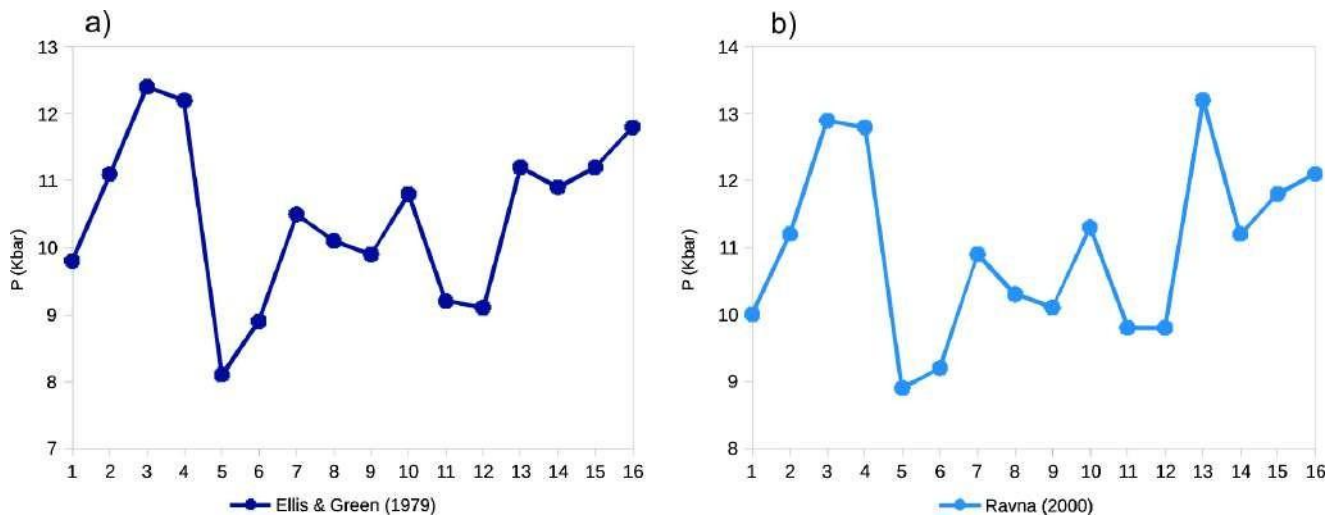


Figura 29: a) Variação das pressões calculadas com o barômetro de Moecher et al. (1988) para as temperaturas de Ellis & Green (1979); e b) Ravna (2000).

As pressões calculadas acima de ~10 kbar obtidas com o geobarômetro de Moecher et al. (1988) podem ter sido obtidas com dados em desequilíbrio, ou seja, calculadas entre núcleo e borda entre a granada e o clinopiroxênio. Para que cálculos geotermobarométricos sejam confiáveis os pares de granada e clinopiroxênio devem estar em equilíbrio e valores de pressão e temperatura obtidos com dados conjuntos de núcleo e borda estão em desequilíbrio. Por ser dependente da temperatura, os valores de pressão calculados apresentam comportamento bastante semelhante ao das temperaturas apresentadas na figura 27. Esse comportamento pode também ser interpretado como resultado de metamorfismo heterogêneo ou, conforme mencionado, devido a alguns cálculos em desequilíbrio.

Segundo Moecher et al. (1988), altos teores de X_{Ca} da granada também podem gerar extrapolação nos valores das pressões. No entanto, conforme pode ser observado na figura 26, não se observa correlação positiva da pressão com os teores de X_{Ca} da granada, de maneira semelhante às temperaturas calculadas. Na rocha UHT descrita, os teores de X_{Ca} ficam em torno de 0.80, o que é considerado alto para as rochas descritas no artigo de Moecher et al. (1988). Foram observadas pressões elevadas (~13 kbar) no oeste da Província Greenville pelos autores, justificados pelo alto valor da fração molar da granada (~0.95).

Uma alternativa seria aplicar o geobarômetro de Newton & Perkins (1982) que utiliza a atividade do diopsídio ao invés da hedembergita, porém segundo Moecher et al. (1988) esse geobarômetro tem o efeito inverso do barômetro HD nas pressões, ou seja, em rochas com altos valores de X_{Ca} na granada, o barômetro subestima as pressões, apresentando valores muito inferiores aos verdadeiros. Dessa forma, o barômetro HD ainda continua sendo mais confiável para a reação (3) (grs

+ alm + qtz = an + hed).

Tabela 4: Valores de pressões calculadas com o geobarômetro de Essene (1989) com as temperaturas calculadas com o geotermômetro de Ellis & Green (1979) e Ravna (2000), respectivamente.

	K	logK	Ellis & Green (1979)	Ravna (2000)
grt1-cpx1-plg1	808.89	2.91	11.3	11.9
grt2-cpx2-plg2	148.49	2.17	10.80	12.10
grt3-cpx2-plg3	332.17	2.52	10.20	10.90
grt4-cpx3-plg4	505.97	2.70	11.80	12.20
grt5-cpx3-plg5	386.28	2.59	12.30	13.00
grt6-cpx4-plg6	890.35	2.95	8.10	8.90
grt7-cpx5-plg7	781.35	2.89	9.80	10.00
grt8-cpx6-plg1	601.87	2.78	11.10	11.20
grt9-cpx7-plg2	614.60	2.79	12.40	12.90
grt10-cpx7-plg3	590.72	2.77	12.20	12.80
grt11-cpx6-plg4	552.59	2.74	8.10	8.90
grt12-cpx7-plg6	677.87	2.83	8.90	9.20
grt13-cpx5-plg7	840.71	2.92	10.50	10.90
grt14-cpx5-plg1	804.57	2.91	10.10	10.30
grt15-cpx6-plg2	805.45	2.91	9.90	10.10
grt16-cpx7-plg3	561.52	2.75	10.80	11.30
grt17-cpx5-plg4	570.41	2.76	9.20	9.80
grt18-cpx6-plg5	526.37	2.72	9.10	9.80
grt19-cpx7-plg6	611.48	2.79	11.20	13.20
grt20-cpx5-plg7	458.60	2.66	10.90	11.20
grt21-cpx7-plg8	734.14	2.87	11.20	11.80
grt21-cpx6-plg9	547.33	2.74	11.80	12.10
grt22-cpx6-plg12	986.69	2.99	8.50	8.90
grt23-cpx6-plg13	373.84	2.57	11.10	11.80
grt24-cpx5-plg14	276.90	2.44	11.80	12.70
grt25-cpx7-plg15	450.83	2.65	12.10	13.00
grt26-cpx5-plg13	1083.34	3.03	9.80	10.00

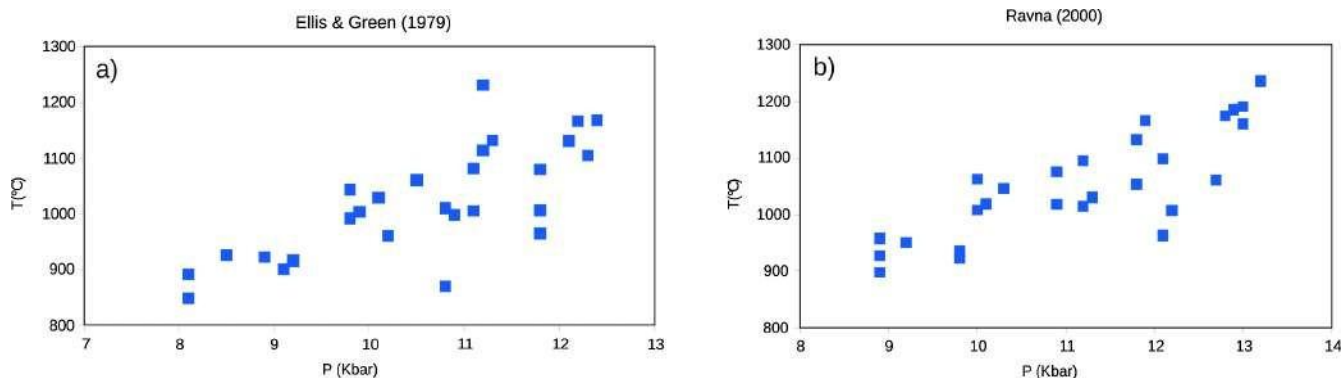


Figura 30: a) Variação das temperaturas e pressões calculadas com o geobarômetro de Moecher et al. (1988) e o termômetro de Ellis & Green (1979); e b) Ravna (2000).

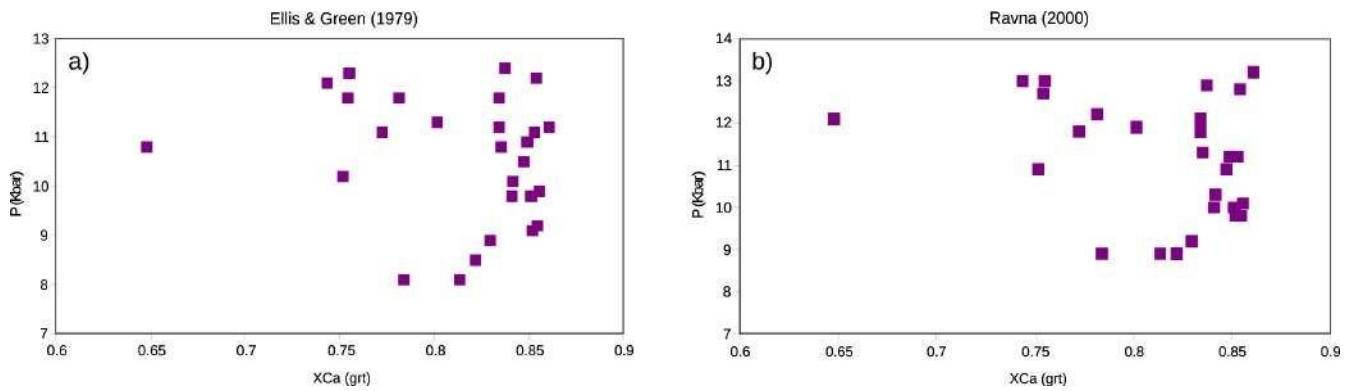


Figura 31: Valores de X_{Ca} das granada *versus* as pressões calculadas com o geobarômetro HD de Moecher et al. (1988) para as pressões de a) Ellis & Green (1979); e b) Ravna (2000).

5.4. Geotermobarometria otimizada (THERMOCALC)

Conforme já mencionado, as condições de pressão (P) e temperatura (T) também foram calculadas por métodos otimizados, por meio do uso de *softwares* como o THERMOCALC v3.33. No *software* THERMOCALC os cálculos de P e T foram realizados por meio do método avPT (*average PT*) e estes valores foram então utilizados no refinamento dos dados calculados com os métodos avP (*average P*) e avT (*average T*), seguindo as recomendações de Holland & Powell (2011). Os resultados obtidos são indicados na tabela 5.

As mesmas associações minerais utilizadas nos geotermômetros de Ellis & Green (1979) e Ravna (2000) e para o cálculo das pressões com o geobarômetro HD de Moecher et al. (1988) foram empregadas para os cálculos das condições P e T usando o THERMOCALC. Foram obtidos 26 resultados utilizando-se estas associações. Duas das associações investigadas não foram computadas pelo THERMOCALC pois a atividade “a-x” não pode ser calculada para algumas fases com o *software* AXWin (Holland & Powell, 2011).

Os valores calculados de pressão apresentam variação de 8.6 até 10.7 kbar no método avP e 8.2 a 10.7 kbar no método avPT. Em geral, a variação entre esses dois métodos não é muito significativa, sendo superior a 1 kbar em apenas um caso (grt23-cpx6-plg13). As temperaturas apresentam variação mais significativa, de 828 a 1018 °C no método avT e 814 a 1018 °C no método avPT. A variação entre as temperaturas calculadas por estes dois métodos apresenta o maior valor no mesmo ponto que a pressão, sendo da ordem de 66 °C. Cabe ressaltar que as pressões calculadas com o geobarômetro convencional de Moecher et al (1988) e as calculadas com o software THERMOCALC apresentam disparidade significativa entre si.

Tabela 5: Cálculo das pressões e temperaturas da rocha UHT com os métodos avP, avT e avPT com o *software* THERMOCALC v3.33.

		avP & avT (Thermocalc v 3.33)		
		avP (Kbar)	avT (°C)	avPT
B O R D A	grt1-cpx1-plg1	9.7 ± 1.14	951 ± 102	9.5 ± 1.14/936 ± 107
	grt2-cpx2-plg2	-	-	-
	grt3-cpx2-plg3	-	-	-
	grt4-cpx3-plg4	9.7 ± 1.2	939 ± 83	9.5 ± 2.81/926 ± 88
	grt5-cpx3-plg5	9.7 ± 1.55	905 ± 75	9.6 ± 1.6/898 ± 78
	grt6-cpx4-plg6	9.7 ± 1.3	997 ± 108	9.3 ± 1.19/978 ± 118
	grt7-cpx5-plg7	9.6 ± 1.1	961 ± 78	9.5 ± 1.15/955 ± 78
	grt8-cpx6-plg1	9.5 ± 2.05	923 ± 51	9.9 ± 1.12/961 ± 51
	grt9-cpx7-plg2	9.5 ± 1.11	918 ± 71	9.9 ± 1.09/948 ± 71
	grt10-cpx7-plg3	9.6 ± 1.1	926 ± 72	9.9 ± 1.09/952 ± 71
	grt11-cpx6-plg4	9.0 ± 2.05	880 ± 51	8.5 ± 2.08/831 ± 51
N Ú C L E O	grt12-cpx7-plg6	9.4 ± 1.12	926 ± 73	9.7 ± 1.11/946 ± 73
	grt13-cpx5-plg7	9.6 ± 1.14	962 ± 79	9.4 ± 1.16/954 ± 79
	grt14-cpx5-plg1	9.6 ± 1.13	963 ± 78	9.5 ± 1.15/956 ± 78
	grt15-cpx6-plg2	9.6 ± 1.18	960 ± 83	9.5 ± 1.16/953 ± 83
	grt16-cpx7-plg3	10.6 ± 1.2	1008 ± 89	10.7 ± 1.13/1016 ± 86
	grt17-cpx5-plg4	10.7 ± 1.14	1018 ± 75	10.7 ± 1.14/1018 ± 75
B O R D A	grt18-cpx6-plg5	8.6 ± 2.0	845 ± 77	8.3 ± 2.08/831 ± 74
	grt19-cpx7-plg6	9.5 ± 1.05	921 ± 96	9.9 ± 1.09/950 ± 71
	grt20-cpx5-plg7	9.7 ± 1.1	930 ± 77	9.5 ± 1.29/917 ± 81
	grt21-cpx7-plg8	9.5 ± 1.12	949 ± 72	9.6 ± 1.10/955 ± 72
	grt21-cpx4-plg10	9.6 ± 1.3	927 ± 74	9.8 ± 1.1/947 ± 74
	grt22-cpx6-plg12	9.4 ± 1.6	956 ± 86	9.2 ± 1.2/942 ± 85
	grt23-cpx6-plg13	9.8 ± 1.03	890 ± 48	8.2 ± 2.08/814 ± 50
	grt24-cpx5-plg14	9.1 ± 1.14	828 ± 79	8.9 ± 1.85/816 ± 81
	grt25-cpx7-plg15	9.6 ± 1.02	902 ± 69	9.4 ± 1.11/887 ± 109
	grt26-cpx5-plg13	9.4 ± 1.12	970 ± 89	9.0 ± 1.18/942 ± 100

Levando-se em consideração que a correlação entre os valores de avPT dos dados obtidos com o THERMOCALC é na ordem de 0.92 a 0.97 e que o geobarômetro HD tende a extrapolar as pressões para rochas que apresentam altos teores de X_{Ca} em granada, assume-se que as pressões calculadas com o *software* são mais confiáveis e serão, portanto, assumidas como sendo as pressões referentes à rocha UHT. Já as temperaturas calculadas pelo *software* se assemelham mais ao geotermômetro de Ellis & Green (1979) do que às do termômetro de Ravna (2000) e serão assumidas, de maneira conjunta com as pressões, como sendo as temperaturas referentes para essa rocha. Assim como para os geotermobarômetros convencionais aplicados no modelamento desta rocha, os valores de temperatura (T) e pressão (P) obtidos com o *software* THERMOCALC também apresentam dependência significativa, o que pode ser observado na figura 32.

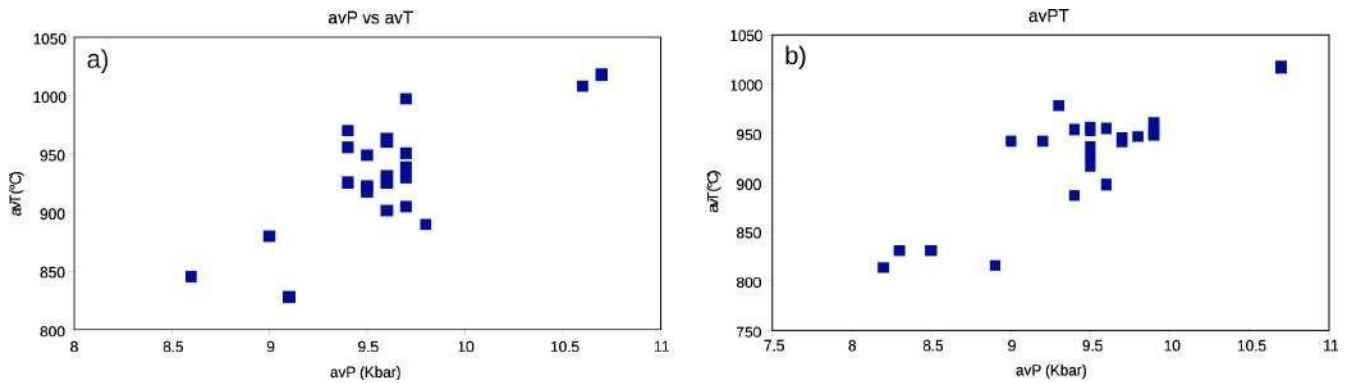


Figura 32: a) Valores de pressão (P) versus temperatura (T) para os dados obtidos com o software THERMOCALC no modo avPT quanto b) avP e avT.

Ao longo do perfil composicional da granada observa-se a variação dos valores de avP e avT na figura 33. O comportamento reflete mais o que seria esperado nessas condições metamórficas, onde o núcleo registra as condições mais altas de P e T e as bordas apresentam valores inferiores, provavelmente como reflexo de trocas catiônicas tardias de Mg-Fe⁺² durante o resfriamento da rocha. Mesmo levando-se isso em conta, os golfos observados nas bordas sugerem a ocorrência de metamorfismo heterogêneo, dado que valores de P e T registrados no pico metamórfico não transicionam suavemente para os valores inferiores observados nas bordas.

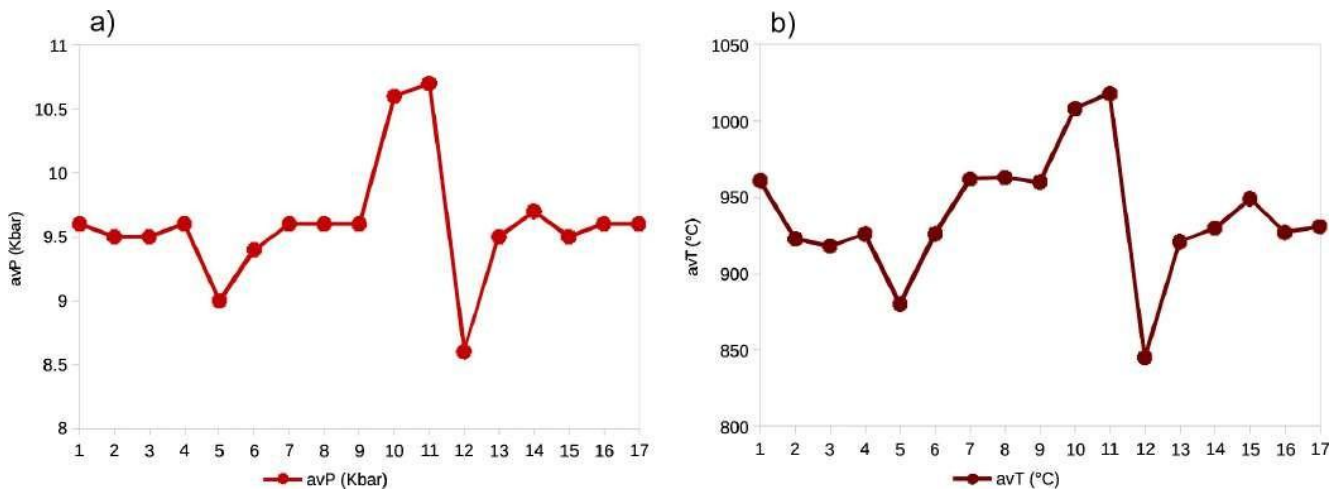


Figura 33: a) Variação das pressões no modo avP com o software THERMOCALC; e b) Variação das temperaturas calculadas no modo avT com o software THERMOCALC.

É difícil conciliar os dados obtidos com os geotermômetros e o geobarômetro convencionais com os dados obtidos por meio do THERMOCALC. Talvez por fazer uso de banco de dados internamente consistente o THERMOCALC não seja tão sensível à variação composicional dos membros finais em equilíbrio quanto os métodos convencionais parecem ser. De fato, Powell & Holland (2008) orientam aliar os cálculos geotermobarométricos feitos com o THERMOCALC com geotermômetros e geobarômetros convencionais, já que as composições dos membros finais em

equilíbrio afetam os valores de pressão e temperatura.

A figura 34 mostra a variação da temperatura calculada com o THERMOCALC pelo método avT em relação a variação dos teores das moléculas de almandina, grossulária e andradita. A comparação evidencia que as maiores temperaturas coincidem com os maiores valores da molécula de andradita. Tal constatação é coerente quando se alia esses dados à reação (3) proposta para o granada-hedembergita granulito, na qual grossulária e almandina são consumidas durante o metamorfismo para formar anortita e hedembergita. De maneira semelhante, o perfil composicional da grossulária se comporta de maneira oposta à temperatura, ou seja, os maiores valores de temperatura coincidem com os menores valores da molécula de grossulária, o que também faz sentido frente à reação proposta.

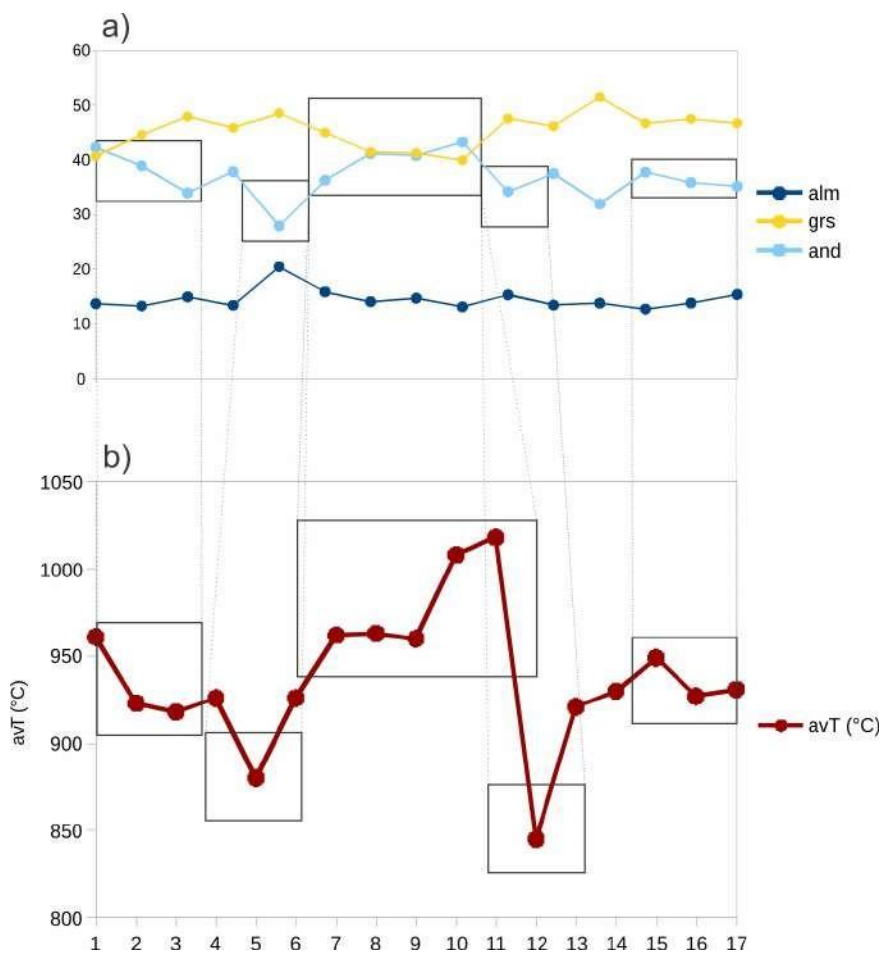


Figura 34: Comparação entre a) perfil composicional da granada do granulito UHT versus b) Variação da temperatura calculada com o THERMOCALC pelo método avT (°C).

6. Discussão

6.1. Estrutura magmática

As rochas máfico-ultramáficas acamadadas do CD são interpretadas no presente estudo como tendo estratigrafia normal. A arquitetura das rochas do complexo é composta pela Zona Ultramáfica ocupando posição mais central encapsulada pelas Zonas Máfica de Base e de Topo. Tal cenário é

corroborado por texturas ígneas primárias e evidências mineralógicas e geoquímicas, tais como os teores de An, Fo e En, por exemplo, apresentadas neste estudo. Além disso, supondo-se que processos normais de cristalização fracionada predominaram durante a formação do CD, tanto a sequência de cristalização quanto a variação críptica dos minerais cumuláticos observados dão suporte à hipótese de estratigrafia normal do CD.

Próximo ao Complexo de Damolândia ocorrem outros complexos máfico-ultramáficos, como, por exemplo o de Taquaral (CT), que foi inicialmente interpretado por Silva (1997) como sendo um complexo máfico-ultramáfico acamadado contínuo (até 50 km de comprimento) que foi submetido a metamorfismo de alto grau e tectonismo associado. No entanto, mapeamentos posteriores de detalhe mostraram ser uma sequência de corpos individuais altamente tectonizados, cercados por gnaisses e granulitos félsicos. Assemelha-se ao CD, com a diferença que lherzolito é mais abundante no CT (evidenciado pelos altos teores de CaO e TiO₂ verificados em peridotitos) enquanto que no CD, prevalece a ocorrência de harzburgito (Della Giustina et al., 2011a). Della Giustina et al. (2011a) sugerem que a sequência de cristalização para o CT é

olivina + cromita
ortopiroxênio + cromita
ortopiroxênio + clinopiroxênio
ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio
ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio + ilmenita

Ao contrário do que é observado no CD e na sequência de cristalização proposta para esse complexo, a sequência proposta pelos autores para o CT indica cristalização inicial de clinopiroxênio e é semelhante às sequências descritas no Great Dyke e no Complexo de Niquelândia (Della Giustina et al, 2011a).

Ainda dentro do contexto de complexos máfico-ultramáficos que ocorrem no CAI, cerca de 60 km noroeste do Complexo de Damolândia, ocorre o Complexo Americano do Brasil, descrito inicialmente por Metago (1978), Nilson (1981) e Nilson et al. (1986) e em detalhe por Mota e Silva (2009) e Mota e Silva et al. (2011). Descrito com mais detalhe no item de geologia regional não cabe aqui repetir o que já foi dito, portanto, cabe apenas ressaltar que o Complexo Americano do Brasil é um complexo máfico-ultramáfico composto pelas sequências norte e sul e com *trend* E-W, assim como o CD. Tanto a sequência norte como a sul são consideradas como sendo tectonicamente invertidas e a sequência de cristalização deste complexo é dada por

olivina + cromita
olivina + ortopiroxênio + cromita

clinopiroxênio + ortopiroxênio

ortopiroxênio + plagioclásio + clinopiroxênio

ortopiroxênio + plagioclásio + clinopiroxênio + ilmenita + magnetita

sendo semelhante à sequência de cristalização do Complexo de Taquaral e diferente da do Complexo de Damolândia, já que no CD o clinopiroxênio apresenta cristalização mais tardia.

6.2. Composição do magma parental

Técnicas normais de determinação da composição do magma parental em intrusões com boa exposição e pouca alteração (como análise de margens de resfriamento, composição de rocha total, equivalentes extrusivos, diques associados e inclusões de *melt*) não podem ser empregadas na definição composicional do magma parental das rochas do CD. Portanto, como uma composição direta não pode ser extraída das rochas em questão esta deve ser inferida, principalmente por meio da geoquímica dos minerais cumuláticos e sequência de cristalização da intrusão acamadada. A variação composicional de olivina cumulática (Fo_{70-72} nas rochas máficas e Fo_{82-89} nas ultramáficas) é compatível com magma parental de composição moderadamente enriquecida em MgO ou moderadamente primitivo ou até mesmo, ser resultado de mais de um pulso magmático. Variação composicional críptica da olivina nas rochas ultramáficas sugere “ensanduchamento” composicional dentro da própria Zona Ultramáfica, ou seja, as composições mais primitivas se localizam no centro e as mais fracionadas nas Zonas Máfica de Topo e de Base. Essa variação críptica sugere a existência de câmara magmática dinâmica, sujeita a reinjeções de pulsos magmáticos. Os minerais cumuláticos observados sugerem que a sequência de cristalização foi

olivina + cromita

ortopiroxênio + cromita

ortopiroxênio

ortopiroxênio + plagioclásio

ortopiroxênio + plagioclásio + clinopiroxênio

Essa sequência de cristalização (descrita primeiro por Della Giustina et al., 2011a) no CD é bastante comum como, por exemplo, nos complexos de Bushveld, Serra da Onça. A cristalização do ortopiroxênio anterior à cristalização de clinopiroxênio, conforme foi indicado pela sequência de cristalização sugerida para o CD, é indicativa de que o magma primitivo foi saturado em sílica. Vários artigos anteriores indicam que em vários complexos o ortopiroxênio se cristalizou antes do clinopiroxênio. A assimilação da crosta continental pode ter induzido o enriquecimento de sílica nesses magmas (Campbell, 1985). Os isótopos de O, que serão discutidos em mais detalhe à frente,

corroboram a hipótese de contaminação crustal. Além disso, valores fortemente negativos de ϵNd , registrados por Della Giustina et al. (2011a), variando de -3.9 a -26.5 são indicativos de diferentes graus de assimilação crustal durante a ascensão do magma que deu origem ao CD.

Nem sempre é fácil avaliar a significância da contaminação crustal, levando-se em conta apenas os elementos-traço ou dados isotópicos. Como não é possível fazer a avaliação direta da composição do magma parental do Complexo de Damolândia, mesmo com a composição das possíveis rochas contaminantes tendo sido tabulada, um modelo quantitativo do magma parental não é confiável já que, tanto os dados litogeoquímicos quanto os isotópicos podem ser indicativos de fusão de manto litosférico contaminado.

6.3. Contexto petrotectônico do Complexo de Damolândia

O Complexo de Damolândia apresentou datações de 670 e 590 Ma (Della Giustina et al., 2011a) o que indica que pode ser relacionado ao terceiro episódio de magmatismo do Arco Magmático de Goiás (AMG), que ocorreu de 660 a 600 Ma, possivelmente como resultado de uma margem continental ativa durante a fase final de formação da Faixa Brasília (Laux et al., 2005; Pimentel, 2016). Estudos recentes sugerem que o CAI, composto por paragranelitos e ortogranulitos, representa um complexo metamórfico composto de protólitos do Grupo Araxá e Arco Magmático de Arenópolis (Piuzana et al., 2003a; Laux et al., 2005). O Arco Magmático de Arenópolis é a parte sul do AMG (dividido em norte e sul pelo Maciço de Goiás), sendo que dados recentes sugerem que a atividade ígnea no AMG ocorreu em três episódios, um entre 900 e 800 Ma, formado em ambiente intraoceânico, um ambiente intraoceânica da série tonalítica, um segundo entre 790 a 786 Ma e o terceiro entre 660 e 600 Ma, conforme já mencionado anteriormente, que ocorreu ao longo de uma margem continental ativa no fim da orogenia (Laux et al., 2005; Pimentel, 2016).

O Complexo de Taquaral apresenta idades de 623 a 525 Ma (Della Giustina et al., 2011a) e, assim como para o Complexo de Damolândia, as idades superiores são interpretadas como sendo referentes ao magmatismo. De maneira semelhante, o Complexo Americano do Brasil apresenta idade de 628 Ma (Mota e Silva, 2009; Mota e Silva et al., 2011). Assim como vários outros complexos máfico-ultramáficos da Faixa Brasília se encaixam no terceiro episódio magmático do Arco Magmático de Arenópolis, os complexos de Damolândia, Taquaral e Americano do Brasil também o fazem. Na parte centro-leste do Arco Magmático de Arenópolis, no contato com o Complexo Anápolis-Itaçu, a sequência vulcano-sedimentar Anicuns-Itaberaí está exposta. Esta sequência é formada por anfíbolito metavulcânico e metaplutônico, rochas metapelíticas com formações ferríferas de maneira mais restrita, chert, mármore e rochas ultramáficas. Datações por U-Pb recentes sugerem que esta sequência

possivelmente dá origem à parte do Arco Magmático de Arenópolis formada durante o primeiro episódio magmático da região, de 890 a 800 Ma (Laux et al., 2004; Laux et al., 2005).

Análises petrológicas e minerais, bem como dados isotópicos descritos no presente trabalho são consistentes com o modelo de assimilação da crosta continental antiga durante a ascensão e colocação do magma que gerou o CD. Resultados semelhantes foram reportados para outros complexos, como o de Taquaral e o de Americano do Brasil (Della Giustina et al., 2011a; Mota e Silva, 2009; Mota e Silva et al., 2011), que também sugerem assimilação e contaminação dos complexos máfico-ultramáficos por parte da crosta continental antiga. Independente de como este magma foi gerado, esses dados são condizentes com a ocorrência de grande volume de magmatismo máfico de composição magnesianiana primitiva nessa região da Faixa Brasília. Esse contexto geológico de grande volume de magmatismo máfico espacialmente e temporalmente associado com metamorfismo de alto grau, pode corresponder a episódios extensionais dentro do ambiente colisional descrito para a Faixa Brasília. Sugere-se que durante estes momentos extensionais ocorreu a ressurgência da astenosfera quente, tendo como resultado fusão parcial tanto do manto quanto da crosta continental, gerando o magmatismo máfico extensivo verificado nesta porção da Faixa Brasília (Pimentel et al., 1991; Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel et al., 2004; Pimentel, 2016). Com base nos dados geológicos e geocronológicos apresentados tanto para o CD, quanto para os demais complexos máfico-ultramáficos aqui citados, pode-se interpretar que o CD formou-se em episódio magmático anterior ao episódio descrito para a Suíte Americano do Brasil e equivalente ao terceiro episódio magmático descrito para o AMG.

A figura 35 evidencia a diferença entre as assinaturas das rochas do CD e do granulito regional a dois piroxênios analisado. Enquanto as rochas máficas e ultramáficas do CD apresentam assinatura de arco continental, o granulito regional a dois piroxênios apresenta assinatura de manto depletado. A assinatura de margem continental é compatível com o CD ter sido formado durante o terceiro estágio de reativação magmática do AMG.

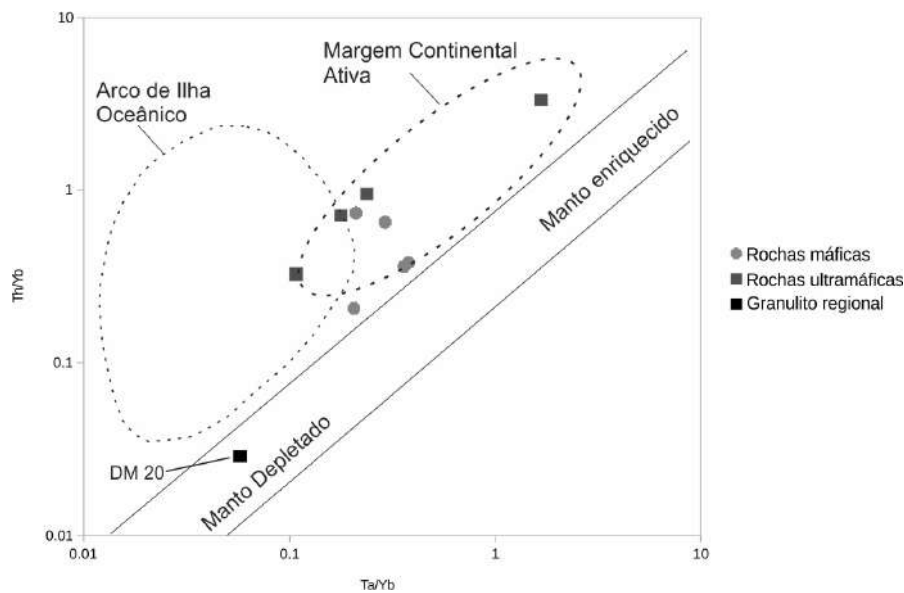


Figura 35: Gráfico das razões Ta/Yb versus Th/Yb evidenciando a variação nas assinaturas das rochas do Complexo de Damolândia e o granulito regional analisado.

6.4. Metamorfismo das rochas magmáticas do Complexo de Damolândia

Assembléias metamórficas de granulção fina verificadas no CD, indicativas de metamorfismo em fácies granulito, parcialmente substituem a mineralogia ígnea primária extensivamente preservada ao longo do CD. Essas porções, verificadas principalmente no gabronorito tardio da Zona Máfica de Topo (amostra DM 16), são compostas por agregados granoblásticos finos de plagioclásio + ortopiroxênio + clinopiroxênio + anfibólios + filossilicatos, indicativos de recristalização sob condições de temperatura alta durante o metamorfismo regional. A amostra DM 18 foi inicialmente interpretada como sendo um granulito regional, mas dados litogeoquímicos, bem como da associação mineralógica, indicam se tratar de gabronorito tardio, semelhante à amostra DM 16. Apresenta textura quase totalmente recristalizada e foliação menos pervasiva que a amostra DM 16. A recristalização metamórfica verificada no CD é heterogênea e, de certa forma, localizada, já que a maior parte das texturas e mineralogias ígneas do CD encontram-se preservadas. A foliação pervasiva verificada nessas porções metamorfizadas é restrita e texturas ígneas primárias podem ser identificadas juntamente com as partes modificadas. O metamorfismo é interpretado como sendo, ao menos em parte, coevo ao magmatismo que gerou o CD (Della Giustina et al., 2011a). A idade de ~670 Ma é compatível com o terceiro episódio magmático do AMG, já mencionado. As rochas do Arco Magmático de Arenópolis, que é parte do AMG, foram submetidas ao metamorfismo em fácies xisto-verde superior e anfibolito, mas retiveram as características geoquímicas e isotópicas principais, indicando a natureza juvenil dos protólitos ígneos (Junges et al., 2002). Já o metamorfismo do CD é interpretado como sendo em fácies

granulito o que sugere que a fonte de calor que gerou o metamorfismo da região afetou mais significativamente as rochas do CD e os granulitos em contato com ele, resultando em metamorfismo de mais alto grau. Não tendo sido encontradas evidências de hidrotermalismo no CD, a recristalização metamórfica descrita no complexo é interpretada como sendo resultado de metamorfismo regional que atingiu fácies granulito no complexo e ultra alta temperatura (UHT), de maneira restrita, conforme descrito por Moraes et al., (2002) e Balwin et al., (2005), bem como no presente trabalho. Além disso, texturas e mineralogias metamórficas, verificadas principalmente no gabronorito tardio evidenciam reequilíbrio em alta temperatura, em fácies anfibolito intermediário a superior ou até mesmo granulito.

O granada-hedembergita granulito pode ser interpretado como sendo um skarn, gerado a partir da interação de fluidos magmáticos oriundos do magma que originou o CD com as rochas encaixantes ou como um xenólito. Xenólitos máficos de crosta continental profunda também tem sido descritos com a associação mineralógica granada + clinopiroxênio + plagioclásio ± quartzo em kimberlitos e diques basálticos (Griffin & O'Reilly, 1987; Hanchar et al., 1994). Condições de pressão e temperatura nessas rochas podem se sobrepor às condições de granulitos regionais, mas essas condições podem também se estender a condições de pressão e temperatura mais altas, características da transição de alta pressão dos fácies granulito-eclogito (Griffin & O'Reilly, 1987).

A tabela 6 resume as principais fases minerais observados ao longo do CD, bem como nos granulitos regionais analisados (granulito a dois piroxênios e granada-hedembergita granulito). A tabela reforça a ideia que as porções recristalizadas, onde o metamorfismo heterogêneo superimposto é mais evidente, apresentam fases mineralógicas semelhantes às observadas nas porções onde texturas e mineralogias ígneas estão preservadas. Além disso, a associação mineral observada no xenólito, em especial a hialofana, sugerem a ocorrência de metassomatismo no CD, indicado na tabela 6.

Tabela 6: Resumo das fases minerais observadas no Complexo de Damolândia, no granulito regional e no granada-hedembergita granulito nas porções ígneas preservadas, nas porções recristalizadas e no xenólito que apresenta evidências metassomáticas. CD = Complexo de Damolândia e GR = granulito regional.

	Minerais	Ígneo	Metamórfico	Metassomático
CD	Olivina	██████████	██████████	
	Ortopiroxênio	██████████	██████████	
	Clinopiroxênio	██████████	██████████	
	Plagioclásio	██████████	██████████	
	Biotita		██████████	
	Hialofana			██████████
	Cianita			██████████
	Flogopita		██████████	
	Anfibólios		██████████	
	Pirrotita	██████████	██████████	
	Pentlandita	██████████		
	Calcopirita	██████████	██████████	
	Pirita		██████████	
	Cromita	██████████		
	Ilmenita		██████████	
	Hematita	██████████		
	Zircão	██████████		
	Rutilo	██████████		
GR	Ortopiroxênio	██████████	██████████	
	Clinopiroxênio	██████████	██████████	
	Plagioclásio	██████████	██████████	
	Biotita		██████████	
	Anfibólio		██████████	
	Pirrotita	██████████	██████████	
	Pentlandita	██████████		
	Calcopirita	██████████	██████████	
	Pirita		██████████	
	Rutilo	██████████		

6.5. Implicações para a evolução da Faixa Brasília

A presença de granulitos UHT nas proximidades do complexo faz surgir a questão de qual foi a fonte de calor que gerou o gradiente metamórfico observado na região. Datações U-Pb em grãos zircões do CD evidenciam idades que foram interpretadas como sendo referentes aos magmatismo máfico que originou o complexo como sendo de aproximadamente 670 Ma e o referente ao metamorfismo superimposto como tendo sido, pelo menos em parte, coevo ao magmatismo (Della Giustina, 2010; Della Giustina et al., 2011a). Magmatismo máfico tem sido proposto como possível

fonte de gradiente térmico suficiente para geração de granulitos UHT (England & Richardson, 1977; Ellis, 1980; Wells, 1980; Bohlen, 1987, 1991; Bergantz, 1989). Tal hipótese pode ser especialmente levada em consideração como explicação para geração das rochas UHT consideradas no presente estudo, em especial devido ao fato que granulitos UHT já terem sido investigados e descritos por Moraes et al. (2002) e Baldwin et al. (2005) em regiões próximas ao CD, inseridos no contexto do CAI. Além disso, esses episódios de extensivo magmatismo máfico com metamorfismo de alto grau superimposto podem estar associados a episódios extensionais no ambiente colisional em que a Faixa Brasília se formou, o que possibilitou a ascensão da astenosfera com maior gradiente térmico, resultando na fusão tanto do manto quanto da crosta continental (Pimentel et al., 1991; Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel, 2016). Pimentel (2016) reforça a ideia, em seu trabalho mais recente, que as idades de 650-630 Ma são tidas como sendo representativas do pico do metamorfismo do CAI e também como sendo referentes à colisão final do orógeno do qual a Faixa Brasília se origina.

Evidências isotópicas sugerem que o magmatismo máfico responsável pela cristalização dos corpos associados ao CD foi concomitante ao metamorfismo de alto grau, registrado nas rochas do Complexo Anápolis-Itauçu. Della Giustina et al. (2012) apresentam valores de $\delta^{18}\text{O}$ de oxigênio consistentes e muito positivos ($8,17 \pm 0,24\%$; Tabela 6) para a população de zircão do CD, enquanto que o granulito regional a dois piroxênios possui assinatura dentro do intervalo mantélico ($5,14 \pm 0,19\%$; Tabela 6) e, portanto, adequado a protolito máfico. Dessa forma, quando comparados aos dados de U-Pb e isótopos de Hf obtidos nos mesmos grãos, fica mais uma vez evidente a diferença entre o complexo acamadado e as encaixantes, também de composição máfica (figuras 36 e 37).

Tabela 7: Valores dos isótopos de O verificados no gabronorito tardio (DM 16) e no granulito regional a dois piroxênios (DM 20) (Della Giustina et al, 2012).

DM-16 (CD)	$\delta^{18}O$	\pm ‰	DM-20	$\delta^{18}O$	\pm ‰
n4127ox_7c1	8.40	0.17	n4130ox-06r	4.79	0.19
n4127ox_7c2	8.06	0.17	n4130ox-06c	4.78	0.17
n4127ox_7r1	7.96	0.16	n4130ox-05r	5.16	0.20
n4127ox_7r2	7.81	0.16	n4130ox-05c	5.10	0.19
n4127ox_6r	7.96	0.16	n4130ox-08r	4.84	0.21
n4127ox_6c	8.39	0.16	n4130ox-08c	5.38	0.18
n4127ox_4c	7.97	0.17	n4130ox-11r	5.99	0.18
n4127ox_4r	8.45	0.17	n4130ox-11c	5.31	0.16
n4127ox_2c	8.12	0.18	n4130ox-10c	5.22	0.19
n4127ox_2r	8.15	0.17	n4130ox-10r	5.31	0.31
n4127ox_14c1	8.46	0.16			
n4127ox_14c2	8.38	0.18			
n4127ox_14r	8.07	0.17			
n4127ox_15c	7.88	0.18			
n4127ox_13c	8.56	0.19			

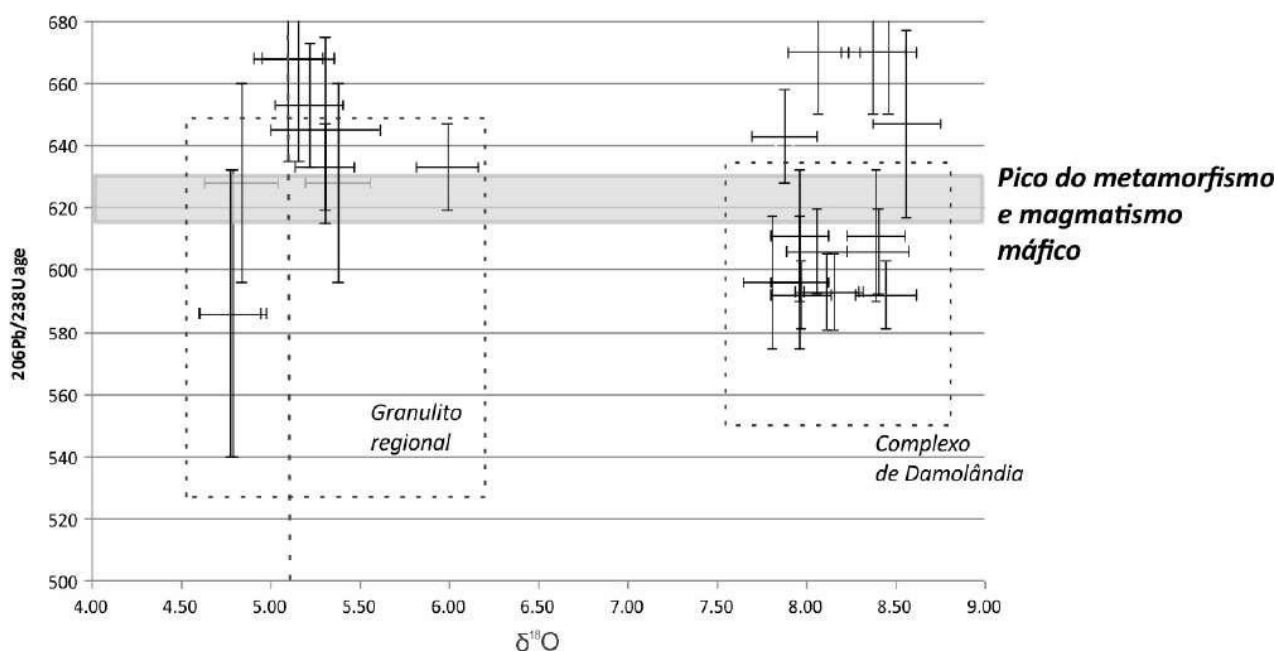


Figura 36: Variações das datações de U-Pb para as rochas do CD e os granulitos máficos regionais (gráfico confeccionado com os dados publicados por Della Giustina et al., 2012).

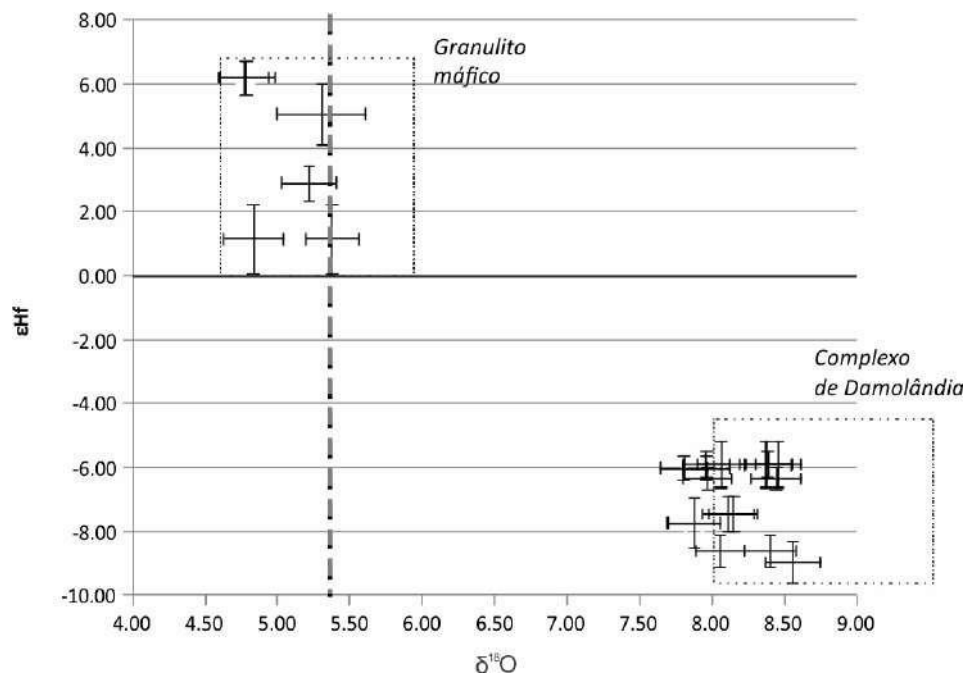


Figura 37: Gráfico de variação dos valores de Hf observados nas rochas do CD e nos granulitos máficos regionais descritos no presente trabalho (gráfico confeccionado com os dados publicados por Della Giustina et al., 2012).

O fracionamento isotópico de oxigênio, assim como de outros isótopos estáveis, ocorre sob condições de baixas temperaturas e, portanto, pode ser explicado a partir da reciclagem de material de origem metassedimentar. Assim, assinaturas muito positivas em zircão de origem mantélica, similares às descritas no CD, não seriam naturalmente observadas e processos adicionais se fariam necessários, a saber: i) recristalização, que promove a modificação da assinatura isotópica primária do zircão; ii) origem a partir de fusões de manto metassomatizado, acima da zona de subducção; e iii) interação entre fluidos magmáticos e metamórfico-metassomáticos durante a cristalização do grão.

Della Giustina et al. (2012) discutem que, apesar de o zircão do CD apresentar texturas internas típicas de recristalização, a assinatura isotópica é constante em toda a população de zircão e que não exibe relação com núcleos ou bordas recristalizadas durante o metamorfismo e, portanto, interpretam que os valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtidos ainda reflitam a assinatura primária dos grãos.

Por outro lado, a hipótese de origem a partir de fusões de manto metassomatizado em zona de subducção pode ser discutida frente aos dados litogeoquímicos apresentados neste trabalho, que apesar de sugerirem cristalização sintectônica para o CD, revelam origem a partir de magmas de composição toleítica, moderadamente primitivos, sem enriquecimento significativo em elementos HFSE ou LILE. Assim, frente ao exposto, seria esperada uma assinatura isotópica compatível, com $\delta^{18}\text{O}$ em zircão próximo do valor mantélico. Com isso, a assinatura isotópica observada nos cristais de zircão do CD pode ser explicada a partir de interação entre o magma toleítico com um componente de $\delta^{18}\text{O}$ pesado

durante a cristalização ígnea da intrusão. Os paragranelitos do CAI apresentam assinatura isotópica de Nd (Della Giustina et al., 2011a, 2012) similar aos valores obtidos no CD. Assim, fluidos e/ou fusões oriundas de reações metamórficas nesses litotipos durante metamorfismo de alto grau poderiam contribuir para os valores elevados de $\delta^{18}\text{O}$ observados e, portanto, magmatismo máfico e metamorfismo de alto grau seriam concomitantes no CAI.

O granulito UHT descrito e modelado pode ter sido formado a partir de metamorfismo de contato. A amostra foi coletada adjacente às rochas máficas do CD e o granulito máfico regional a dois piroxênios aqui já descrito. A associação mineralógica exótica desse granulito, em relação às demais rochas do CD, sugere que essa rocha se formou a partir da interação de um fluido magmático evoluído resultante da ascensão do magma que gerou o CD na crosta, gerando a mineralogia rica em Fe e Ca observada. As dimensões restritas do corpo amostrado, bem como das condições P e T calculadas para essa rocha no presente trabalho, reforçam a ideia de que o metamorfismo alcançou condições UHT pontualmente em relação às rochas do CD.

A tabela 8 apresenta resumo das associações UHT verificadas no CAI e descritas na bibliografia e no presente trabalho. Apesar do presente trabalho apresentar uma mineralogia que não é diagnóstica de metamorfismo UHT, diferente do que é descrito por Moraes et al. (2002) e Baldwin et al. (2005), o modelamento realizado nesse trabalho mostra condições similares ao que é descrito para o CAI.

Dados U-Pb de ~670 Ma obtidos por Della Giustina et al. (2011a) em zircão dos complexos de Damolândia e Taquaral e em rutilo de fácies granulito em paragranelito (Miranda et al., 2015) caracterizariam a real idade do pico metamórfico na Faixa Brasília (Figura 38).

Datações de ~634 Ma (Ar-Ar em hornblenda) e ~628 Ma (U-Pb em rutilo de fácies xisto verde) marcam, por outro lado, o reequilíbrio metamórfico no CAI, e que por sua vez está associado a outro episódio magmático máfico, responsável pela cristalização das intrusões acamadados da Suíte Americano do Brasil (Mota e Silva et al., 2011). A seta em segundo plano na figura 38 indica a trajetória P-T-t de resfriamento isobárico da Faixa Brasília, semelhante ao que foi apresentado por Moraes et al. (2002).

Tabela 8: Resumo das associações minerais UHT descritas por Moraes et al. (2002), Baldwin et al. (2005) e no presente trabalho e condições P-T calculadas para as respectivas associações.

associação mineral	Condições P-T	Referência
Safirina + quartzo em grt-opx-sil granulitos	~10 kbar e 1030-1050 °C	Moraes et al (2002)
Granada + ortopiroxênio + sillimanita + quartzo em granulitos rico em Mg e Al	9 kbar e 1000 °C	Baldwin et al (2005)
Granada + clinopiroxênio + plagioclásio em granada-hedbergita granulito	~9,6 kbar e ~940 °C	Presente trabalho

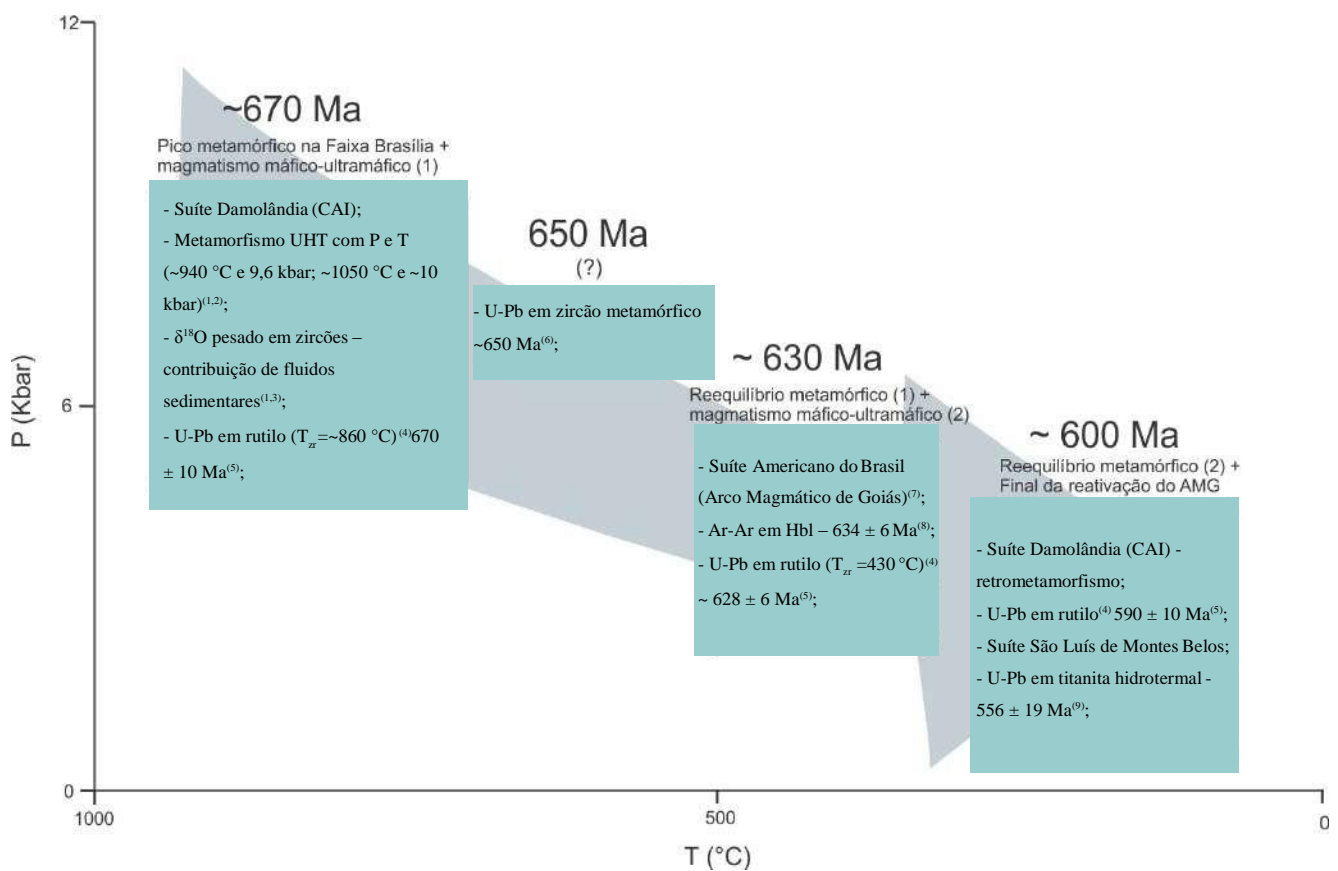


Figura 38: Resumo das idades e temperaturas registradas no Complexo Anápolis-Itaçu e no Complexo de Damolândia. 1 – o presente trabalho; 2 – Moraes et al. (2002); 3 – Della Giustina et al. (2012); 4 – Moraes (2013); 5 – Miranda et al. (2015); 6 – Piuzana et al. (2003b); 7 – Mota e Silva et al. (2011); 8 – Della Giustina et al. (em preparação); 9 – Macedo (2016).

IV - CONCLUSÕES

As conclusões alcançadas no presente estudo são enunciadas abaixo:

- O Complexo de Damolândia faz parte de um grupo de intrusões máfico-ultramáficas localizadas no CAI que se associa ao episódio final da orogénia. Apresenta texturas e mineralogias ígneas primárias predominantemente preservadas, o que permite o estudo tanto do aspecto magmático do complexo quanto do metamorfismo superimposto.
- A variação críptica observada nos teores de Fo, En e An, distribuídos ao longo da estratigrafia do complexo, sugere ao menos um episódio de recarga da câmara. Os teores de Fe_{82-89} das rochas ultramáficas sugerem magma parental primitivo para o CD;
- Sulfetos observados no CD ocorrem disseminados ao longo de todo o complexo e apresentam mineralogia MSS típica, com cristalização de pirrotita predominando sobre pentlandita, calcopirita e pirita. Pentlandita foi observada apenas como exsoluções (*flames*) nos grãos de pirrotita, não tendo sido observado qualquer grão individualizado. Óxidos também ocorrem de maneira disseminada ao longo do CD, predominando nas rochas ultramáficas (cromita) e no gabronorito tardio (ilmenita). Pirita é interpretada como sendo tardia, devendo-se à recristalização do complexo;
- O granada-hedembergita granulito ou granulito UHT, amostra DM-19, coletado no contato com as rochas do CD com granulitos máficos a dois piroxênios, cristalizou-se em condições estimadas de temperatura de ~ 940 °C e pressão de $\sim 9,6$ kbar. Mesmo a mineralogia dessa rocha não sendo diagnóstica de condições de UHT, os valores obtidos de temperatura e pressão com geotermobarômetros convencionais e com o THERMOCALC inserem a paragênese observada no campo de metamorfismo de temperatura ultra-alta (UHT);
- O granulito UHT apresenta mineralogia exótica às demais rochas do CD e pode ser classificado como um skarn, resultante da interação de fluidos magmáticos evoluídos, oriundos da formação do CD, com as rochas encaixantes ou então interpretado como sendo xenólito máfico de crosta profunda. A mineralogia observada no granulito UHT já tem sido descrita na literatura como sendo possível diagnóstica da transição entre fácies granulito-eclogito;
- Uma rocha de composição quartzo-aluminosa, interpretada como possível xenólito foi descrita na transição da Zona Ultramáfica para a Zona Máfica de Base e os cristais de feldspato potássico observados nessa porção apresentam teores da molécula de celsiana na ordem de 11% sendo, portanto, classificados como hialofana. Tal composição rica em Ba é evidência da atuação de processo metassomático no CD, possivelmente concomitante à intrusão, tendo em vista o aspecto granoblástico e a paragênese da hialofana com minerais indicativos de pressões

e temperaturas elevadas como, por exemplo, cianita;

- As rochas máficas do CD apresentam maior concentração de elementos traço, indicativa da natureza mais fracionada dessas rochas. Anomalias negativas de Zr, Y e Th são indicativos de zircão como fase acessória e a anomalia negativa de Nd corrobora a contaminação por parte das encaixantes. As anomalias positivas de Ce refletem a interação dessas rochas com fluidos de origem metassedimentar, o que é corroborado pelos valores observados para os isótopos de O;
- Valores de ^{18}O indicam contaminação por parte das encaixantes durante a ascensão do magma parental que gerou o CD na crosta continental;
- O magmatismo máfico que originou o CD pode ser associado ao início da reativação magmática do Arco Magmático de Arenópolis, desenvolvido em ambiente de arco continental. Os dados apresentados sugerem que o magma parental do CD ascendeu durante um período extensional, que resultou na ascensão da astenosfera com um gradiente geotérmico alto, acarretando a fusão parcial do manto e da crosta continental e consequente metamorfismo UHT de algumas porções das rochas encaixantes na região do CD, a exemplo do granada-hedembergita granulito descrito no presente trabalho.

Agradecimentos

O presente estudo teve o apoio financeiro do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Um agradecimento especial deve ser dado aos funcionários do Laboratório de Microsonda da Universidade de Brasília, cuja disposição e paciência possibilitaram as análises apresentadas no presente trabalho. À orientadora Professora Dr(a). Maria Emília Schutesky Della Giustina, cuja orientação e disponibilidade facilitaram a confecção do presente estudo.

Referências

- AI, Y., 1994. A revision of the garnet-clinopyroxene Fe^{+2} -Mg exchange geothermometer. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 115, 467-473.
- BALDWIN, J. A., POWELL, R., BROWN, M., MORAES, R. FUCHS, R. A., 2005. Modelling of mineral equilibria in ultrahigh-temperature metamorphic rocks from the Anápolis-Itaçu Complex, Central Brazil. *Journal of Metamorphic Geology*, 23: 511-531.
- BALDWIN, J. A., BROWN, M., 2008. Age and duration of ultra high temperature metamorphism in the Anápolis-Itaçu Complex, Southern Brasília Belt, Central Brazil – constraints from U-Pb geochronology, mineral rare earth element chemistry and trace-element thermometry.

- BARNES, S. J., NALDRETT, A. J., GORTON, M. P., 1985. The origin of the fractionation of platinum-group elements in terrestrial magmas. *Chem. Geol* 53: 303-323.
- BARNES, S. J., 1986. The effect of trapped liquid crystallization on cumulus mineral compositions on layered intrusions. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 93, 524-531.
- BERGANTZ, G. W., 1989. Underplating and partial melting: implications for melt generation and extraction. *Science*, 245, 1093-1095.
- BERMAN, R. G., 1988. Internally-consistent thermodynamic data for minerals in the system $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{TiO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$. *Journal of Petrology*, 29, 445-522.
- BOHLEN, S. R., 1987. Pressure-temperature time paths and a tectonic model for the evolution of granulites. *Journal of Geology*, 95, 617-632.
- BOHLEN, S. R., 1991. On the formation of granulites. *Journal of Metamorphic Geology*, 9, 223- 229.
- CAMPBELL, I. H., 1985. The difference between oceanic and continental tholeiites: a fluid dynamic explanation. *Contrib. Mineral. Petrol.* 91, 37-43.
- CAMPOS NETO, M. C., CABY, R., 2000. Lower crust extrusion and terrane accretion in the Neoproterozoic nappes of southeast Brazil. *Tectonics*, 19, 669-687.
- COOKE, R. A., O'BRIEN, P.J., 2001. Resolving the relationship between high P-T rocks and gneisses in collisional terranes: an example from the Gföhl gneiss-granulite association in the Moldanubian Zone, Austria. *Lithos*, 58, 33-54.
- DARDENNE, M. A., 2000. The Brasília fold belt. In: Cordani, UG, Milani EJ, Thomaz Filho A, Campos DA (Eds.). *Tectonic Evolution of South America*. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro 231-263.
- DELLA GIUSTINA, M. E. S., 2010. Geocronologia e Significado Tectônico de Rochas Máficas de Alto Grau Metamórfico da Faixa Brasília. Tese de Doutorado n°. 101, Universidade de Brasília.
- DELLA GIUSTINA, M. E. S., PIMENTEL, M. M., FERREIRA FILHO, C. F., HOLLANDA, M. H. B. M, 2011a. Dating coeval mafic magmatism and ultrahigh temperature metamorphism in the Anápolis-Itaçu Complex, Central Brazil. *Lithos* 124, 82-102.
- DELLA GIUSTINA, M. E. S., PIMENTEL, M. M., FERREIRA FILHO, C. F., FUCK, R. A.,

- ANDRADE, S., 2011b. U-Pb-Hf-trace element systematics and geochronology of zircon from a granulite facies metamorphosed mafic-ultramafic layered complex in Central Brazil. *Precam. Res.* 189,176-192.
- DELLA GIUSTINA, M. E. S., PIMENTEL, M. M., FERREIRA FILHO, C. F., WHITEHOUSE, M., 2012. Assinatura isotópica de O em zircão de complexos máficos-ultramáficos acamadados e implicações para a evolução da Faixa Brasília. *Anais do 46° Congresso Brasileiro de Geologia.*
- ELLIS, D. J., GREEN, D. H., 1979. An experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 71, 13-22.
- ELLIS, D. J., 1980. Osumilite-saphirine-quartz granulites from Enderby Land, Antarctica: P-T conditions of metamorphism, implications for garnet-cordierite equilibria and the evolution of deep crust. *Contrib. To Mineralogy and Petrology*, 74, 201-210.
- ENGLAND, P. C., RICHARDSON, S. W., 1977. The influence of erosion upon the mineral facies of rocks from different metamorphic environments. *Journal of the Geological Society*, London, 134, 201-213.
- ESSENE, E. J., 1989. The current status of thermobarometry in metamorphic rocks. In: "Evolution of metamorphic belts", S. R. Daly, R. Sliff, B. W. D. Yardley, (Eds.) *Geol. Soc. Spec. Paper*, 43, 1- 44.
- ESSENE, E. J., CLAFLIN, C. L., GIORGETTI, G., MATA, P. M., PEACOR, D. R., ÁRKAI, P., RATHMELL, M. A., 2005. Two-, three- and four-feldspar assemblages with hyalophane and celsian: implications for phase equilibria in $BaAl_2Si_2O_8$ - $CaAl_2Si_2O_8$ - $NaAlSi_3O_8$ - $KAlSi_3O_8$. *Eur. Journal Mineral.* 17, 515-535.
- FERREIRA FILHO, C. F., NALDRETT, A. J., GORTON, M. P., 1998. REE and pyroxene compositional variation across the Niquelândia layered intrusion, Brazil: petrological and metallogenetic implications. *Appl. Earth Sci. (Trans. Inst. Min. Metall. B)* 107, 1-22.
- FROST, B. R., 1975. Contact metamorphism of serpentinite, chloritic black-wall and rodingite at Paddy-go-Easy pass, Central Cascades, Washington: *Journal of Petrology*, v. 16, p. 272-313.
- GREEN, D. H., 1969. Mineralogy of two Norwegian eclogites. In: *Contributions to physico-chemical petrology (in Russian)*. Khorzinskii volume, vol. 1, 37-44.
- GREEN, D. H., 1969. Mineralogy of two Norwegian eclogites. In: *Contributions to physico-chemical petrology (in Russian)*, 1, 37-44.
- HARLEY, S. L., 1989. The origins of granulites: a metamorphic perspective. *Geological Magazine*,

126(3), 215-247.

- HARLEY, S. L., HENSEN, B. J., 1990. Archean and Proterozoic high-grade terranes of East Antarctica (40-80°E): a case study of diversity in granulite facies metamorphism. In: Ashworth, J. R., & Brown, M. (Eds.) High Temperature Metamorphism and Crustal Anatexis. London: Unwin Hyman, 320-370.
- HOLLANDA, M. H. B. M., PIMENTEL, M. M., ARMSTRONG, R., 2003. Isotopic and geochronological constraints for the origin of syn- to post- mafic magmatism and crustal remelting in the Brasília Belt, Central Brazil. In: Extended abstracts, IV SSAGI, Salvador, 194-1197.
- HOLLAND, T. J. B., POWELL, R., 2011. An improved and extended internally consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest, involving a new equation of state for solids. *Journal of Metamorphic Geology* 29, 333-383.
- JUNGES, S. L., PIMENTEL, M. M., MORAES, R., 2002. Nd isotopic study of the Neoproterozoic Mara Rosa Arc, Central Brazil: implications for the evolution of the Brasília Belt. *Prec Res* 117: 101-118.
- KELSEY, D. E., WHITE, R. W., HOLLAND, T. J. B., POWELL, R., 2004. Calculated phase equilibria in K_2O - FeO - MgO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O for sapphirine-quartz-bearing mineral assemblages. *Journal of Metamorphic Geology*, 22, 559-578.
- LAUX, J. H., 2004. Evolução do Arco Magmático de Goiás com base em dados geocronológicos U-Pb e Sm-Nd. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- LAUX, J. H., PIMENTEL, M. M., DANTAS, E. L., ARMSTRONG, S. A., JUNGES, S. L., 2005. Two Neoproterozoic crustal accretion events in the Brasília Belt, Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 18: 183-198.
- MACEDO, H. A. O., 2016. Mineralogia e petrologia do depósito hidrotermal de vermiculita de São Luís de Montes Belos, Arco Magmático de Goiás. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 101 p.
- METAGO, 1978. Complexo máfico ultramáfico de Americano do Brasil. Relatório de Pesquisa DNPM, unpublished.
- MIRANDA, A. C. R., DELLA GIUSTINA, M. E. S., 2015. Datação U-Pb em zircão e U-Th/He em apatitas e implicações para a evolução do Complexo Anápolis-Itauçu, Goiás. *Anais do 47º Congresso Brasileiro de Geologia*.
- MOECHER, D. P., ESSENE, E. J., ANOVITZ, L. M., 1988. Calculation and application of clinopyroxene-garnet-plagioclase-quartz geobarometers. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 100, 92-

- MORAES, R., FUCK, R. A., 2000. Ultrahigh-temperature metamorphism in Central Brazil: the Barro Alto Complex. *Journal of Metamorphic Geology*, 18, 345-358.
- MORAES, R., BROWN, M., FUCK, R. A., CAMARGO, M. A., LIM, T. M., 2002. Characterization and P-T evolution of the melt-bearing ultrahigh temperature granulites: an example from the Anápolis-Itaçu Complex of the Brasília fold belt, Brazil, *Journal of Petrology*, 43(9), 1673-1705.
- MORAES, R., FUCK, R. A., PIMENTEL, M. M., GIOIA, S. M. C. L., HOLLANDA, M. H. B.M., ARMSTRONG, R., 2006. The bimodal rift-related volcanosedimentary sequence in Central Brazil: Mesoproterozoic extension and Neoproterozoic metamorphism. *J. South Amer. Earth Sci.* 20, 287-301.
- MOTA E SILVA, J., 2009. O Complexo máfico-ultramáfico acamadado de Americano do Brasil e sua mineralização de Ni-Cu-Co. Diss de mestrado 257, 86p.
- MOTA E SILVA, J., FERREIRA FILHO, C. F., BÜHN, B., DANTAS, E. L., 2011. Geology, petrology and geochemistry of the Americano do Brasil layered intrusion, Central Brazil, and its Ni-Cu sulfide deposits. *Miner Deposita*, 46: 57-90.
- NEWTON, R. C., & PERKINS, D., 1982. Thermodynamic calibration of geobarometers based on the assemblage garnet-plagioclase-orthopyroxene (clinopyroxene)-quartz. *American Mineralogist*, 67, 203-222.
- NILSON, A. A., 1981. The nature of Americano do Brasil mafic-ultramafic complex and associated sulfide mineralization, Goiás, Brazil. PhD thesis, University of Western Ontario 460p.
- NILSON, A. A., SANTOS, M. M., CUBA, E. A., SÁ, C. M. G., 1986. Jazida de níquel, cobre e cobalto de Americano do Brasil, Goiás. In: Schobbenhaus C, Coelho CES (Eds.) *Principais Depósitos Minerais do Brasil II*: 257-273.
- PATTISON, D. R. M., NEWTON, R. C., 1989. Reversed experimental calibration of the garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange thermometer. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 101, 87-103.
- PIMENTEL, M. M., HEAMAN, L., FUCK, R. A., 1991. Zircon and sphene Pb-U geochronology of Upper Proterozoic volcanic-arc rocks units from southwest Goiás, Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 4: 329-339.
- PIMENTEL, M. M., FUCK, R. A., 1992. Neoproterozoic crustal accretion in Central Brazil. *Geology* 20: 375-379.

- PIMENTEL, M. M., WHITEHOUSE, M. J., VIANA, M. G., FUCK, R. A., MACHADO, N., 1997. The Mara Rosa arc in the Tocantins Province: further evidence for Neoproterozoic crustal accretion in Central Brazil. *Prec Res* 81: 299-310.
- PIMENTEL, M. M., FUCK, R. A., JOST, H., FERREIRA FILHO, C. F., ARAÚJO, S. M., 2000. The basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás Magmatic Arc. In: Cordani UG, Milani EJ, Thomaz Filho A, Campos DA (Eds.) *The Tectonic Evolution of South America*, Rio de Janeiro. Proceedings of the 31st International Geological Congress 195-229.
- PIMENTEL, M. M., FERREIRA FILHO, C. F., ARMSTRONG, R. A., 2004. SHRIMP U-Pb and Sm-Nd ages of the Niquelândia layered complex: Meso (1.25 Ga) and Neoproterozoic (0.79 Ga) extensional events in central Brazil. *Precambrian Research*, 132: 133-153.
- PIMENTEL, M. M., RODRIGUES, J. B., DELLA GIUSTINA, M. E. S., JUNGES, S. L., MATTEINI, M., 2011. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília belt, Central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS U-Pb sedimentary provenance data: a review. *Journal of South America Earth Sciences*, 31: 345 – 357.
- PIMENTEL, M. M., 2016. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, Central Brazil: a geochronological and isotopic approach. *Brazilian Journal of Geology*, 46, 67-82.
- PIUZANA, D., PIMENTEL, M. M., FUCK, R. A., ARMSTRONG, R., 2003a Neoproterozoic granulite facies metamorphism and coeval magmatism in the Brasília Belt, Central Brazil: regional implications of the new SHRIMP U-Pb and Sm-Nd data. *Precambrian Research*, 125, 245-273.
- PIUZANA, D., PIMENTEL, M. M., FUCK, R. A., ARMSTRONG, R., 2003b. SHRIMP U-Pb and Sm-Nd data for the Araxá Group and associated magmatic rocks: constraints for the age of sediments and geodynamic context of the southern Brasília Belt, central Brazil. *Precambrian Research*, 125, 139-160.
- POWELL, R., HOLLAND, T. J. B., 1988. An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 3. Application methods, worked examples and a computer program. *Journal of Metamorphic Geology*, 6, 173-204.
- POWELL, R., HOLLAND, T. J.B., 1994. Optimal geothermometry and geobarometry. *American Mineralogist*, 79, 120-133.
- POWELL, R., HOLLAND, T. J. B., WORLEY, B., 1998. Calculating phase diagrams involving solid solutions via non-linear equations, with examples using THERMOCALC. *Journal of Metamorphic Geology*. 16, 577-588.
- POWELL, R., HOLLAND, T. J. B., 2008. On thermobarometry. *J. of Metamorphic Geology*, 26, 155-

179.

POWELL, R., HOLLAND, T. J. B., 2011. An improved and extended internally consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest, involving a new equation of state for solids. *Journal of Metamorphic Geology*, 29(3), 333-383.

RAHEIM, A., GREEN, D. H., 1974. Experimental determination of the temperature and pressure dependence of the Fe-Mg partition coefficient for coexisting clinopyroxene and garnet. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 48, 179-203.

RAVNA, E. K., 2000. The garnet-clinopyroxene Fe⁺²-Mg geothermometer: an updated calibration. *Journal of Metamorphic Geology*, 18, 211-219.

SEER, H. J., DARDENNE, M. A., PIMENTEL, M. M., FONSECA, M. A. F., MORAES, L. C., 2000. O Grupo Ibiá na sinforma de Araxá: um terreno tectonoestratigráfico ligado à evolução de arcos magmáticos. *Rev. Bras. Geociências*, 30(4), 737-744.

SEER, H. J., BROD, J. A., FUCK, R. A., PIMENTEL, M. M., BOAVENTURA, G. R., DARDENNE, M. A., 2001. O Grupo Araxá em sua área-tipo. Fragmento de crosta oceânica Neoproterozóica na Faixa de Dobramentos Brasília. *Rev. Bras. de Geociências*, 31(3), 385-396.

SILVA, F. O., 1997. Geologia e petrologia do extremo noroeste do Complexo máfico-ultramáfico de Taquaral, GO. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, 171p.

SIMKIN, T., AND SMITH, J. V., 1970. Minor-element distribution in olivine. *Journal of Geology*, 78: 304-325.

SOTO, J. I., SOTO, V. M., 1995. PTMafic: software package for thermometry, barometry, and activity calculations in mafic rocks using an IBM-compatible computer. *Computer & Geosciences*, 21, 619-652.

SUN, S. S., MACDONOUGH, W. F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders AD, Norry MJ (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society Special Publications, pp. 313-345.

TEIXEIRA, A. S., FERREIRA FILHO, C. F., DELLA GIUSTINA, M. E. S., ARAÚJO, S. M., AZEVEDO BARBOSA DA SILVA, H. H., 2015. Geology, Petrology and geochronology of the Lago Grande Layered Complex: evidence for a PGE-mineralized magmatic suite in the Carajás Mineral Province, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, doi: 10.1016/j.jsames.2015.09.006

VALERIANO, C. M., PIMENTEL, M. M., HEILBRON, M., ALMEIDA, J. C. H., TROUW, R. A. J., 2008. Tectonic evolution of the Brasília belt, Central Brazil, an early assembly of

Gondwana. In: Pankhurst, R. J., Trouw, R. A. J., Brito Neves, B. B., de Wit, M. J. (Eds.) West Gondwana: Prec-cenozoic correlations across the South Atlantic region. Geological Society of London, Special Publications, 294: 197-210.

WELLS, P. R. A., 1980. Thermal models for magnetite accretion and subsequent metamorphism of continental crust. *Earth and Planetary Science Letters*, 46, 253-265.

WOOD, B. J., 1975. The influence of pressure, temperature and bulk composition on the appearance of garnet in ortho-gneisses – an example from South Harris, Scotland. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 26, 299-311.

ANEXOS

Resultados de química mineral (análises de microsonda) – olvina (ol), ortopiroxênio (opx), clinopiroxênio (cpx), plagioclásio (plg), granada (grt), biotita (bt), hialofana (hy), pirrotita (po), pentlandita (pn), pirita (py), calcopirita (calc), cromita (chr) e ilmenita (ilm) do Complexo Máfico-Ultamáfico de Damolândia.

AMOSTRA	PROF.	DESCRIÇÃO
DM 04	276.45	NORITO
DM 06A	220.2	XENÓLITO
DM 06B	220.4	ORTOPIROXENITO SULFETADO GROSSO
DM 09	209.35	ORTOPIROXENITO COM XENÓLIT
DM 10	209.45	OLIVINA ORTOPIROXENITO
DM 11	177.5	HARZBURGITO
DM 13	149.6	HARZBURGITO COM OIKOCRYSTS DE PIROXÊNIO
DM 14	102.4	OLIVINA ORTOPIROXENITO
DM 16	68.25	GABRONORITO TARDIO
DM 18	0	GABRONORITO TARDIO
DM 20	0	GRANULITO REGIONAL
DM 19	0	GRANADA-HEDEMBERGITA GRANULITO

OLIVINA

Sample	DM-11_c1_ol3	DM-11_c1_ol4	DM-11_c1_ol5	DM-11_c1_ol6	DM-11_c1_ol7	DM-11_c1_ol8	DM-11_c1_ol9	DM-11_c1_ol10	DM-11_c3_ol1	DM-11_c3_ol2	DM-11_c3_ol3	DM-11_c3_ol4	
Depth	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	
Rock	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	
SiO ₂ (wt%)	39.252	39.444	39.149	39.717	39.302	39.783	40.138	41.639	39.475	39.45	39.06	39.63	
Al ₂ O ₃ (wt%)	0.008	0	0.01	0.013	0	0.011	0.03	0.092	0	0.003	0	0	
FeO (wt%)	16.214	16.851	16.36	16.971	16.665	16.539	16.985	16.897	16.401	16.658	16.93	16.758	
MnO (wt%)	0.236	0.253	0.287	0.199	0.297	0.124	0.086	0.1	0.26	0.113	0.328	0.333	
MgO (wt%)	44.547	44.2	44.427	44.111	44.719	44.484	40.665	41.502	44.719	44.791	44.175	44.33	
CaO (wt%)	0	0.01	0.027	0.06	0.003	0	0.051	0.162	0.022	0.025	0	0.021	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.074	0.049	0	0.062	0.012	0	0	0.001	0	0.012	0.024	0	
NiO (wt%)	0.21	0.153	0.247	0.084	0.221	0.21	0.314	0.343	0.194	0.155	0.159	0.273	
Total	100.541	100.96	100.507	101.217	101.219	101.151	98.269	100.736	101.071	101.207	100.676	101.345	
Si	0.984	0.986	0.982	0.992	0.980	0.992	1.150	1.195	0.985	0.982	0.980	0.989	
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	
Cr	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Fe ⁺³	0.016	0.010	0.018	0.006	0.020	0.005	0.000	0.000	0.015	0.016	0.019	0.011	
Mg	1.665	1.648	1.662	1.643	1.662	1.653	1.651	1.604	1.663	1.663	1.653	1.649	
Fe ⁺²	0.310	0.333	0.309	0.344	0.307	0.334	0.191	0.189	0.312	0.315	0.318	0.327	
Mn	0.005	0.005	0.006	0.004	0.006	0.003	0.002	0.002	0.005	0.002	0.007	0.007	
Ca	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.002	0.005	0.001	0.001	0.000	0.001	
Ni	0.004	0.003	0.005	0.002	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.005	
Fo (%)	83.044	82.381	82.879	82.249	82.710	82.743	89.618	89.435	82.937	82.739	82.305	82.504	
Ni (ppm)	1650.18	1202.274	1940.926	660.072	1736.618	1650.18	2467.412	2695.294	1524.452	1217.99	1249.422	2145.234	
Sample	DM-11_c2_ol1	DM-11_c2_ol2	DM-11_c2_ol3	DM-11_c2_ol4	DM-11_c2_ol5	DM-11_c2_ol6	DM-11_c2_ol7	DM-11_c2_ol8	DM-11_c2_ol9	DM-11_c2_ol10	DM-04_c4_ol1	DM-04_c4_ol2	DM-04_c4_ol3
Depth	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Nrt	Nrt	Nrt
Rock	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	177.5	276.45	276.45	276.45
SiO ₂ (wt%)	39.587	39.299	39.814	39.489	39.567	39.613	38.911	39.519	39.04	53.263	53.17	53.378	
Al ₂ O ₃ (wt%)	0	0.008	0	0	0.003	0	0	0	0.023	0	0	0	
FeO (wt%)	17.035	17.473	17.295	17.507	17.713	17.498	17.428	17.165	17.579	17.636	17.294	17.77	
MnO (wt%)	0.231	0.241	0.166	0.186	0.117	0.206	0.211	0.244	0.301	0.25	0.392	0.223	
MgO (wt%)	43.603	44.279	44.069	44.344	44.442	43.847	44.36	44.3	43.984	28.824	28.478	27.4	
CaO (wt%)	0.008	0.003	0.029	0.03	0	0	0.021	0.044	0.01	0.389	0.871	0.351	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0	0	0.025	0.049	0	0.086	0	0	0	0.023	0.037	0.062	
NiO (wt%)	0.186	0.163	0.178	0.178	0.229	0.082	0.247	0.118	0.149	0.112	0.035	0.041	
Total	100.65	101.466	101.576	101.783	102.071	101.332	101.178	101.39	101.086	100.497	100.277	99.225	
Si	0.996	0.980	0.993	0.982	0.982	0.991	0.972	0.986	0.978	1.449	1.453	1.444	
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.080	0.078	0.072	
Cr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	
Fe ⁺³	0.004	0.020	0.007	0.018	0.018	0.009	0.027	0.014	0.022	0.000	0.000	0.000	
Mg	1.636	1.647	1.638	1.644	1.644	1.635	1.652	1.647	1.643	1.047	1.038	1.064	
Fe ⁺²	0.351	0.325	0.348	0.330	0.331	0.350	0.311	0.330	0.326	0.401	0.395	0.402	
Mn	0.005	0.005	0.004	0.004	0.002	0.004	0.004	0.005	0.006	0.006	0.009	0.005	
Ca	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.011	0.025	0.010	
Ni	0.004	0.003	0.004	0.004	0.005	0.002	0.005	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001	
Fo (%)	82.024	81.876	81.957	81.869	81.830	81.708	81.941	82.145	81.686	72.301	72.423	72.590	
Ni (ppm)	1461.588	1280.854	1398.724	1398.724	1799.482	644.356	1940.926	927.244	1170.842	880.096	275.03	322.178	

Amostra Prof. Rocha	DM-04_c4_ol	DM-04_c4_ol	DM-04_c4_ol	DM-04_c4_ol	DM-04_c4_ol	DM-13_c1_ol	DM-13_c1_ol	DM-13_c1_ol	DM-13_c1_ol	DM-13_c1_ol	DM-13_c3_ol	DM-13_c3_ol	DM-13_c3_ol
	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb
SiO ₂ (wt%)	53.279	53.23	53.456	53.545	53.57	38.932	38.093	38.318	38.209	38.871	37.943	38.331	
Al ₂ O ₃ (wt%)	0.03	0.011	0	0	0	0	0	0.019	0	0.011	0	0	
FeO (wt%)	18.037	17.804	17.648	18.991	18.84	16.555	16.446	16.679	16.666	16.409	16.884	16.507	
MnO (wt%)	0.211	0.417	0.225	0.42	0.381	0.225	0.161	0.124	0.283	0.314	0.213	0.079	
MgO (wt%)	28.668	27.646	27.108	26.405	28.639	43.454	43.366	43.916	43.803	43.407	43.851	43.865	
CaO (wt%)	0.445	0.376	0.974	0.292	0.477	0.01	0	0.004	0.056	0.009	0.037	0.041	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.087	0.111	0.076	0	0.036	0	0	0.038	0	0.038	0	0	
NiO (wt%)	0	0.051	0.063	0	0.123	0.226	0.183	0.193	0.139	0.162	0.242	0.17	
Total	100.757	99.646	99.55	99.653	102.066	99.402	98.249	99.291	99.156	99.221	99.17	98.993	
Si	1.456	1.452	1.455	1.455	1.444	0.990	0.979	0.974	0.972	0.990	0.966	0.976	
Al	0.063	0.074	0.067	0.065	0.075	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	
Cr	0.002	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	
Fe ⁺³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.021	0.026	0.027	0.010	0.034	0.023	
Mg	1.046	1.043	1.019	1.029	1.030	1.648	1.661	1.664	1.661	1.649	1.664	1.665	
Fe ⁺²	0.412	0.406	0.402	0.432	0.425	0.333	0.311	0.303	0.302	0.331	0.292	0.305	
Mn	0.005	0.010	0.005	0.010	0.009	0.005	0.004	0.003	0.006	0.007	0.005	0.002	
Ca	0.013	0.011	0.028	0.009	0.014	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	
Ni	0.000	0.001	0.001	0.000	0.003	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.005	0.003	
Fo (%)	71.726	71.972	71.721	70.455	70.811	82.392	82.458	82.437	82.411	82.504	82.237	82.570	
Ni (ppm)	0	400.758	495.054	0	966.534	1775.908	1438.014	1516.594	1092.262	1272.996	1901.636	1335.86	
Amostra Prof. Rocha	DM-13_c3_ol	DM-13_c4_ol	DM-13_c4_ol	DM-13_c2_ol	DM-13_c2_ol	DM-13_c2_ol	DM-14_c3_ol	DM-14_c3_ol	DM-14_c2_ol	DM-14_c2_ol	DM-14_c2_ol	DM-14_c1_ol	DM-14_c1_ol
	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt
SiO ₂ (wt%)	38.01	38.157	38.641	39.121	39.087	38.975	39.206	39.454	53.879	39.037	38.864	39.168	
Al ₂ O ₃ (wt%)	0	0	0	0	0.024	0	0	0.023	3.394	0.006	0	0	
FeO (wt%)	16.835	16.536	16.334	16.68	16.499	16.546	15.766	15.838	10.774	16.11	15.585	15.79	
MnO (wt%)	0.297	0.227	0.207	0.167	0.204	0.151	0.144	0.254	0.3	0.248	0.194	0.228	
MgO (wt%)	44.052	44.665	43.965	44.105	43.754	43.68	44.594	44.088	30.752	44.576	44.848	44.643	
CaO (wt%)	0.054	0.04	0.028	0.02	0.016	0.004	0.008	0.006	0.596	0.024	0.027	0.007	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0	0.1	0.001	0	0.026	0	0.036	0.037	0.038	0	0.038	0.038	
NiO (wt%)	0.107	0.254	0.172	0.137	0.172	0.09	0.176	0.193	0.072	0.151	0.109	0.125	
Total	99.355	99.979	99.348	100.23	99.782	99.446	99.93	99.893	99.805	100.152	99.665	99.999	
Si	0.965	0.961	0.981	0.984	0.989	0.990	0.986	0.996	1.421	0.981	0.978	0.985	
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.105	0.000	0.000	0.000	
Cr	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	
Fe ⁺³	0.035	0.038	0.019	0.012	0.010	0.010	0.011	0.004	0.000	0.019	0.019	0.014	
Mg	1.667	1.677	1.664	1.654	1.651	1.654	1.672	1.659	1.209	1.671	1.683	1.674	
Fe ⁺²	0.288	0.274	0.308	0.327	0.330	0.331	0.310	0.327	0.238	0.302	0.290	0.304	
Mn	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.005	0.007	0.005	0.004	0.005	
Ca	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.001	0.001	0.000	
Ni	0.002	0.005	0.004	0.003	0.004	0.002	0.004	0.004	0.002	0.003	0.002	0.003	
Fo (%)	82.346	82.803	82.753	82.498	82.540	82.475	83.450	83.228	83.575	83.144	83.686	83.444	
Ni (ppm)	840.806	1995.932	1351.576	1076.546	1351.576	707.22	1383.008	1516.594	565.776	1186.558	856.522	982.25	
Amostra Prof. Rocha	DM-14_c1_ol	DM-14_c1_ol	DM-14_c1_ol										
	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt										
SiO ₂ (wt%)	39.644	39.557	39.647										
Al ₂ O ₃ (wt%)	0.005	0	0										
FeO (wt%)	15.827	15.537	15.397										
MnO (wt%)	0.337	0.181	0.246										
MgO (wt%)	44.493	45.176	44.427										
CaO (wt%)	0.034	0	0										
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.05	0	0.038										
NiO (wt%)	0.207	0.129	0.103										
Total	100.597	100.58	99.858										
Si	0.993	0.987	0.999										
Al	0.000	0.000	0.000										
Cr	0.001	0.000	0.001										
Fe ⁺³	0.007	0.012	0.001										
Mg	1.662	1.681	1.669										
Fe ⁺²	0.319	0.301	0.323										
Mn	0.007	0.004	0.005										
Ca	0.001	0.000	0.000										
Ni	0.004	0.003	0.002										
Fo (%)	83.365	83.827	83.723										
Ni (ppm)	1626.606	1013.682	809.374										

ORTOPIROXÊNIO

Amostra Prof. Rocha	M-13_c1_px 149.6 Hzb	DM-13_c1_px 149.6 Hzb	DM-13_c1_px 149.6 Hzb	4px com sulfetpx 149.6 Hzb	px com sulfetopx 149.6 Hzb	px com sulfetopx 149.6 Hzb	px com sulfetopx 149.6 Hzb	px com sulfetopx 149.6 Hzb	px com sulfetopx 149.6 Hzb	14_c3_px igne 102.4 OIOpxt	4_c3_px igne 102.4 OIOpxt	4_c3_px igne 102.4 OIOpxt	4_c3_px igne 102.4 OIOpxt
SiO ₂ (wt%)	53.505	52.761	53.86	53.449	53.461	53.402	54.231	53.534	53.336	49.971	54.352	54.109	54.109
TiO ₂ (wt%)	0.155	0.118	0.147	0.098	0.054	0.382	0	0	0.054	0.239	0.098	0.312	0.312
Al ₂ O ₃ (wt%)	3.159	3.176	3.484	3.197	3.259	3.71	2.649	3.479	3.997	7.253	2.842	3.589	3.589
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.189	0.205	0.215	0.204	0.126	0.381	0.063	0.152	0.178	0.492	0.19	0.101	0.101
FeO (wt%)	10.986	10.66	10.698	10.956	11.216	10.102	10.871	11.107	10.83	11.35	10.523	10.401	10.401
MnO (wt%)	0.303	0.215	0.102	0.259	0.217	0.263	0.278	0.243	0.21	0.227	0.138	0.205	0.205
MgO (wt%)	30.88	30.667	30.503	30.305	30.632	29.098	31.143	30.716	30.04	29.234	31.265	31.009	31.009
CaO (wt%)	0.394	0.322	0.289	0.319	0.301	3.109	0.317	0.377	0.511	0.921	0.247	0.292	0.292
NiO (wt%)	0.023	0.052	0.078	0.07	0.035	0.117	0.041	0.012	0.111	0.082	0.025	0.121	0.121
BaO (wt%)	0.019	0	0.015	0	0	0	0	0	0	0.027	0	0	0
Total	99.613	98.176	99.391	98.857	99.301	100.564	99.593	99.62	99.267	99.796	99.68	100.139	100.139
Si	1.887	1.886	1.905	1.903	1.893	1.877	1.911	1.888	1.891	1.763	1.912	1.897	1.897
Ti	0.004	0.003	0.004	0.003	0.001	0.010	0.000	0.000	0.001	0.006	0.003	0.008	0.008
Al	0.131	0.134	0.145	0.134	0.136	0.154	0.110	0.145	0.167	0.302	0.118	0.148	0.148
Cr	0.005	0.006	0.006	0.006	0.004	0.011	0.002	0.004	0.005	0.014	0.005	0.003	0.003
Fe ⁺³	0.080	0.083	0.032	0.049	0.073	0.063	0.066	0.076	0.046	0.148	0.048	0.038	0.038
Fe ⁺²	0.244	0.236	0.285	0.277	0.259	0.234	0.255	0.252	0.275	0.187	0.262	0.267	0.267
Mn	0.009	0.007	0.003	0.008	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.007	0.004	0.006	0.006
Mg	1.624	1.634	1.608	1.608	1.617	1.525	1.636	1.615	1.587	1.537	1.639	1.621	1.621
Ca	0.015	0.012	0.011	0.012	0.011	0.117	0.012	0.014	0.019	0.035	0.009	0.011	0.011
En (%)	82.730	83.157	83.087	82.619	82.476	78.644	83.116	82.530	82.340	80.616	83.718	83.687	83.687
Amostra Prof. Rocha	M-14_c2_px 102.4 OIOpxt	14_c1_px reliqu4_c1_px reliqu4_c1_px reliqu4_c1_px reliqu4_c1_px reliqu4_c1_px reliqu4_c1_px reliqu4_c1_px reliqu4_c1_px reliqu4_c1_px reliqu4_c1_px	M-06B_c3_px 220.4 Pxt	M-06B_c3_px 220.4 Pxt	M-06B_c3_px 220.4 Pxt	M-06B_c3_px 220.4 Pxt	M-06B_c1_px 220.4 Pxt	M-06B_c1_px 220.4 Pxt	M-06B_c1_px 220.4 Pxt	M-06B_c1_px 220.4 Pxt	M-06B_c1_px 220.4 Pxt	M-06B_c1_px 220.4 Pxt	M-06B_c1_px 220.4 Pxt
SiO ₂ (wt%)	53.333	53.134	53.482	52.819	53.448	52.227	51.941	52.377	52.511	52.197	52.718	52.266	52.266
TiO ₂ (wt%)	0.112	0.352	0.254	0.236	0	0.268	0	0.321	0.486	0.064	0.053	0.155	0.155
Al ₂ O ₃ (wt%)	4.242	4.053	4.102	4.393	3.907	4.942	5.086	4.793	4.742	4.938	4.428	4.942	4.942
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.063	0.151	0.178	0.14	0.139	0.189	0.138	0.174	0.1	0.101	0.149	0.076	0.076
FeO (wt%)	11.021	11.146	10.739	9.758	10.936	13.082	13.193	13.279	13.101	12.427	12.452	12.466	12.466
MnO (wt%)	0.276	0.341	0.185	0.184	0.234	0.325	0.166	0.28	0.224	0.201	0.307	0.247	0.247
MgO (wt%)	30.143	29.889	29.752	28.578	30.178	28.014	28.325	28.227	27.761	27.559	27.751	26.902	26.902
CaO (wt%)	0.327	0.483	1.354	3.986	0.457	0.702	0.287	0.344	1.158	1.919	2.199	2.532	2.532
NiO (wt%)	0.047	0.037	0.123	0.041	0.078	0.09	0.099	0.1	0.057	0.027	0.115	0.08	0.08
BaO (wt%)	0.017	0	0.067	0	0.002	0.046	0.076	0	0.048	0.118	0.046	0	0
Total	99.581	99.586	100.236	100.135	99.379	99.885	99.311	99.895	100.188	99.551	100.218	99.666	99.666
Si	1.885	1.881	1.883	1.862	1.892	1.863	1.859	1.867	1.870	1.864	1.875	1.871	1.871
Ti	0.003	0.009	0.007	0.006	0.000	0.007	0.000	0.009	0.013	0.002	0.001	0.004	0.004
Al	0.177	0.169	0.170	0.182	0.163	0.208	0.215	0.201	0.199	0.208	0.186	0.208	0.208
Cr	0.002	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.003	0.003	0.004	0.002	0.002
Fe ⁺³	0.047	0.047	0.046	0.079	0.049	0.048	0.063	0.042	0.034	0.063	0.058	0.041	0.041
Fe ⁺²	0.279	0.282	0.270	0.209	0.275	0.342	0.332	0.354	0.356	0.308	0.312	0.332	0.332
Mn	0.008	0.010	0.006	0.005	0.007	0.010	0.005	0.008	0.007	0.006	0.009	0.007	0.007
Mg	1.588	1.577	1.562	1.502	1.593	1.489	1.511	1.500	1.473	1.467	1.471	1.435	1.435
Ca	0.012	0.018	0.051	0.151	0.017	0.027	0.011	0.013	0.044	0.073	0.084	0.097	0.097
En (%)	82.447	81.913	80.959	77.412	82.361	78.126	78.829	78.575	77.237	76.746	76.414	75.324	75.324
Amostra Prof. Rocha	M-06B_c1_px 220.4 Pxt	M-06B_c1_px 220.4 Pxt	M-06B_c4_px 220.4 Pxt	M-06B_c4_px 220.4 Pxt	M-06B_c2_px 220.4 Pxt	M-06B_c2_px 220.4 Pxt	M-06B_c2_px 220.4 Pxt	M-06B_c2_px 220.4 Pxt	M-06B_c5_px 220.4 Pxt	M-06B_c5_px 220.4 Pxt	M-06B_c5_px 220.4 Pxt	M-06B_c5_px 220.4 Pxt	M-06B_c5_px 220.4 Pxt
SiO ₂ (wt%)	53.038	51.871	51.9	52.335	52.806	52.76	53.108	52.663	52.685	52.282	51.95	52.168	52.168
TiO ₂ (wt%)	0.053	0.535	0.494	0.214	0	0.19	0.102	0.038	0.165	0.344	0.327	0.134	0.134
Al ₂ O ₃ (wt%)	4.349	5.099	5.034	4.803	4.536	4.243	4.392	4.775	4.931	5.157	4.856	2.23	2.23
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.114	0.063	0.253	0.187	0.153	0.237	0.127	0.14	0.137	0.212	0.114	0.182	0.182
FeO (wt%)	13.086	13.032	11.601	12.876	12.751	12.346	12.464	12.573	13.575	13.991	13.515	19.24	19.24
MnO (wt%)	0.233	0.111	0.2	0.289	0.425	0.324	0.277	0.12	0.414	0.22	0.264	0.324	0.324
MgO (wt%)	28.73	28.447	26.342	28.757	28.6	28.374	28.296	28.62	28.031	27.933	27.764	24.634	24.634
CaO (wt%)	0.339	0.444	3.901	0.337	0.417	1.424	1.032	0.411	0.461	0.312	0.35	0.554	0.554
NiO (wt%)	0.059	0	0	0.037	0.086	0.072	0.037	0.014	0.068	0.029	0.045	0.064	0.064
BaO (wt%)	0.036	0.021	0	0.084	0	0.031	0	0.114	0	0.063	0	0	0
Total	100.037	99.623	99.725	99.919	99.774	100.001	99.835	99.468	100.467	100.543	99.185	99.53	99.53
Si	1.883	1.848	1.856	1.859	1.879	1.875	1.889	1.878	1.869	1.856	1.866	1.918	1.918
Ti	0.001	0.014	0.013	0.006	0.000	0.005	0.003	0.001	0.004	0.009	0.009	0.004	0.004
Al	0.182	0.214	0.212	0.201	0.190	0.178	0.184	0.201	0.206	0.216	0.206	0.097	0.097
Cr	0.003	0.002	0.007	0.005	0.004	0.007	0.004	0.004	0.004	0.006	0.003	0.005	0.005
Fe ⁺³	0.047	0.061	0.048	0.065	0.050	0.057	0.030	0.037	0.045	0.047	0.043	0.056	0.056
Fe ⁺²	0.341	0.327	0.299	0.317	0.329	0.310	0.341	0.338	0.358	0.369	0.363	0.536	0.536
Mn	0.007	0.003	0.006	0.009	0.013	0.010	0.008	0.004	0.012	0.007	0.008	0.010	0.010
Mg	1.521	1.511	1.404	1.523	1.517	1.503	1.501	1.522	1.482	1.479	1.487	1.350	1.350
Ca	0.013	0.017	0.149	0.013	0.016	0.054	0.039	0.016	0.018	0.012	0.013	0.022	0.022
En (%)	79.114	78.851	73.883	79.390	79.328	78.115	78.535	79.569	77.912	77.579	77.995	68.761	68.761

Amostra Prof. Rocha	c4_px recristal	c4_px recristal	c4_px recristal	c4_px recristal	c4_px recristal	06_c1_px igne	06_c1_px igne	nc1_px recristal	c1_px recristal	c1_px recristal	c1_px recristal	c1_px recristal	
Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	
SiO ₂ (wt%)	52.454	52.753	52.539	52.719	52.626	52.355	52.93	52.658	52.541	52.39	52.246	52.821	
TiO ₂ (wt%)	0.119	0	0.372	0.068	0.342	0.107	0.265	0.294	0.375	0.307	0.249	0	
Al ₂ O ₃ (wt%)	2.059	2.171	2.581	2.067	2.128	2.048	1.972	1.862	2.113	2.101	1.994	1.327	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.111	0.075	0.233	0.011	0.123	0.136	0.136	0.098	0.062	0.015	0.11	0.049	
FeO (wt%)	19.066	18.652	19.019	18.963	18.619	19.271	19.071	19.595	20.011	20.116	20.459	20.114	
MnO (wt%)	0.423	0.447	0.403	0.452	0.47	0.433	0.352	0.439	0.523	0.386	0.265	0.348	
MgO (wt%)	24.99	24.587	24.49	24.873	24.931	24.456	24.651	24.402	23.62	23.835	23.718	24.064	
CaO (wt%)	0.433	0.52	0.555	0.443	0.546	0.411	0.436	0.741	0.642	0.691	0.653	0.429	
NiO (wt%)	0.045	0.025	0.088	0.02	0	0.031	0.063	0.027	0.006	0.061	0.09	0.041	
BaO (wt%)	0	0	0	0	0	0.053	0.041	0	0.039	0.101	0.069	0	
Total	99.7	99.23	100.28	99.616	99.785	99.301	99.917	100.116	99.932	100.003	99.853	99.193	
Si	1.922	1.943	1.920	1.934	1.927	1.933	1.941	1.931	1.938	1.930	1.930	1.958	
Ti	0.003	0.000	0.010	0.002	0.009	0.003	0.007	0.008	0.010	0.009	0.007	0.000	
Al	0.089	0.094	0.111	0.089	0.092	0.089	0.085	0.080	0.092	0.091	0.087	0.058	
Cr	0.003	0.002	0.007	0.000	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.000	0.003	0.001	
Fe ⁺³	0.060	0.017	0.023	0.039	0.032	0.035	0.016	0.039	0.011	0.032	0.035	0.027	
Fe ⁺²	0.525	0.557	0.559	0.542	0.538	0.560	0.569	0.562	0.607	0.588	0.597	0.596	
Mn	0.013	0.014	0.012	0.014	0.015	0.014	0.011	0.014	0.016	0.012	0.008	0.011	
Mg	1.365	1.350	1.334	1.360	1.361	1.346	1.348	1.334	1.299	1.309	1.306	1.330	
Ca	0.017	0.021	0.022	0.017	0.021	0.016	0.017	0.029	0.025	0.027	0.026	0.017	
En (%)	69.423	69.407	68.873	69.421	69.701	68.770	69.122	67.921	66.899	66.922	66.503	67.490	
Amostra Prof. Rocha	c1_px recristal	c1_px recristal	c1_px recristal	c3_px recristal	c3_px recristal	c3_px recristal	DM-06_c2_px	2M-11_c3_px	1.M-11_c3_px	1DM-11_c1_px	1.M-11_c1_px	2	
Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	
SiO ₂ (wt%)	52.985	52.306	52.677	52.138	52.968	52.907	52.943	36.331	53.328	53.729	52.475	53.848	
TiO ₂ (wt%)	0	0.289	0.039	0.095	0.264	0.034	0.473	0.105	0.259	0	0.127	0.103	
Al ₂ O ₃ (wt%)	1.41	2.065	2.081	2.214	1.297	1.715	1.657	12.25	4.548	3.741	4.392	3.747	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.134	0.074	0.221	0.147	0.073	0.048	0.121	0	0.124	0.177	0.176	0.226	
FeO (wt%)	19.962	19.012	18.662	19.485	19.976	20.196	19.71	15.262	11.568	11.62	11.12	11.219	
MnO (wt%)	0.538	0.427	0.434	0.552	0.476	0.525	0.302	0.112	0.147	0.261	0.155	0.08	
MgO (wt%)	24.327	24.419	23.971	24.413	24.506	23.68	23.722	23.686	30.171	30.862	29.683	30.514	
CaO (wt%)	0.423	1.014	1.22	0.646	0.52	0.536	0.644	0.186	0.34	0.387	1.554	0.481	
NiO (wt%)	0.023	0.1	0.072	0	0.035	0.112	0.035	0	0.002	0	0	0.078	
BaO (wt%)	0	0.083	0.007	0	0.022	0.017	0	0.008	0.04	0	0.103	0	
Total	99.802	99.789	99.384	99.69	100.137	99.77	99.607	87.94	100.527	100.777	99.785	100.296	
Si	1.951	1.923	1.944	1.917	1.944	1.956	1.958	1.463	1.869	1.874	1.853	1.890	
Ti	0.000	0.008	0.001	0.003	0.007	0.001	0.013	0.003	0.007	0.000	0.003	0.003	
Al	0.061	0.089	0.091	0.096	0.056	0.075	0.072	0.581	0.188	0.154	0.183	0.155	
Cr	0.004	0.002	0.006	0.004	0.002	0.001	0.004	0.000	0.003	0.005	0.005	0.006	
Fe ⁺³	0.033	0.049	0.013	0.060	0.042	0.010	0.000	0.491	0.058	0.093	0.101	0.054	
Fe ⁺²	0.582	0.536	0.563	0.539	0.571	0.614	0.610	0.023	0.281	0.246	0.228	0.276	
Mn	0.017	0.013	0.014	0.017	0.015	0.016	0.009	0.004	0.004	0.008	0.005	0.002	
Mg	1.335	1.338	1.319	1.338	1.340	1.305	1.308	1.422	1.576	1.605	1.563	1.596	
Ca	0.017	0.040	0.048	0.025	0.020	0.021	0.026	0.008	0.013	0.014	0.059	0.018	
En (%)	67.897	68.185	67.874	68.178	67.910	66.903	67.312	73.147	81.754	81.952	80.142	82.130	
Amostra Prof. Rocha	DM-11_c1_px	DM-11_c1_px	DM-11_c1_px	4 M-11_c3_px	1 M-11_c3_px	2M-11_c3_px	DM-11_c3_px	DM-11_c3_px	DM-11_c3_px	5M-11_c2_px	1.M-11_c2_px	1.M-11_c2_px	1.M-11_c2_px
Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb	Hzb
SiO ₂ (wt%)	54.806	54.806	39.316	53.408	53.432	54.482	54.21	54.645	53.456	53.575	53.821	53.651	
TiO ₂ (wt%)	0.039	0.039	0.014	0.318	0.004	0.287	0.165	0.084	0.189	0.209	0.17	0	
Al ₂ O ₃ (wt%)	2.658	2.658	0.002	4.03	3.799	3.444	3.058	2.892	5.033	4.742	4.472	4.62	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.1	0.1	0	0.087	0.15	0.202	0.199	0.114	0.176	0.077	0.05	0.137	
FeO (wt%)	11.22	11.22	16.471	11.133	11.394	11.082	11.075	11.293	11.251	11.559	11.475	11.45	
MnO (wt%)	0.214	0.214	0.198	0.237	0.267	0.31	0.178	0.331	0.328	0.257	0.308	0.329	
MgO (wt%)	31.099	31.099	44.949	30.562	30.025	30.922	31.157	31.219	29.458	30.427	30.358	30.339	
CaO (wt%)	0.217	0.217	0.023	0.331	0.42	0.347	0.489	0.381	1.32	0.374	0.446	0.324	
NiO (wt%)	0.049	0.049	0.247	0.119	0	0.039	0.035	0.002	0.09	0.041	0.065	0.08	
BaO (wt%)	0	0	0	0.004	0	0	0	0	0.093	0.057	0.047	0	
Total	100.402	100.402	101.22	100.229	99.491	101.115	100.566	100.961	101.394	101.318	101.212	100.93	
Si	1.920	1.920	1.307	1.875	1.891	1.895	1.894	1.903	1.864	1.863	1.874	1.872	
Ti	0.001	0.001	0.000	0.008	0.000	0.008	0.004	0.002	0.005	0.005	0.004	0.000	
Al	0.110	0.110	0.000	0.167	0.158	0.141	0.126	0.119	0.207	0.194	0.184	0.190	
Cr	0.003	0.003	0.000	0.002	0.004	0.006	0.005	0.003	0.005	0.002	0.001	0.004	
Fe ⁺³	0.046	0.046	1.385	0.066	0.057	0.050	0.072	0.068	0.052	0.067	0.057	0.062	
Fe ⁺²	0.282	0.282	-0.927	0.261	0.281	0.272	0.252	0.260	0.276	0.270	0.277	0.272	
Mn	0.006	0.006	0.006	0.007	0.008	0.009	0.005	0.010	0.010	0.008	0.009	0.010	
Mg	1.624	1.624	2.228	1.599	1.584	1.604	1.623	1.620	1.531	1.577	1.576	1.578	
Ca	0.008	0.008	0.001	0.012	0.016	0.013	0.018	0.014	0.049	0.014	0.017	0.012	
En (%)	82.822	82.822	82.923	82.499	81.770	82.705	82.598	82.529	80.227	81.837	81.793	82.008	

Amostra Prof. Rocha	M-11_c2_px 177.5 Hzb	DM-11_c2_px 177.5 Hzb	11_px com incl1 Nrt	incl1_px com incl1 Nrt	incl1_px com incl1 Nrt	incl1_px com incl1 Nrt	DM-04_c4_px 1 276.45 Hzb	M-04_c4_px 2 276.45 Hzb	M-04_c3_px 276.45 Hzb	DM-04_c3_px 2 276.45 Hzb	M-04_c3_px 276.45 Hzb	DM-04_c3_px 4 276.45 Hzb
SiO ₂ (wt%)	53.688	52.904	53.267	53.734	53.755	53.257	53.259	53.933	53.511	52.856	53.661	53.863
TiO ₂ (wt%)	0.127	0.36	0.005	0.188	0	0.004	0	0.202	0.27	0.073	0	0
Al ₂ O ₃ (wt%)	4.964	5.275	2.484	2.202	2.031	2.144	2.65	1.909	2.312	2.139	2.279	2.146
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.113	0	0.21	0.185	0.085	0.148	0.184	0.123	0.111	0.049	0.147	0
FeO (wt%)	11.224	11.29	17.93	17.956	18.611	18	18.094	17.602	17.379	18.609	18.077	17.988
MnO (wt%)	0.235	0.126	0.487	0.389	0.324	0.295	0.361	0.304	0.42	0.377	0.348	0.381
MgO (wt%)	30.414	28.911	25.772	25.769	25.787	25.754	26.063	26.617	26.083	25.434	26.278	25.854
CaO (wt%)	0.659	1.908	0.348	0.37	0.389	0.386	0.346	0.255	0.38	0.489	0.392	0.369
NiO (wt%)	0.068	0.004	0.02	0.01	0	0.02	0.039	0	0	0.029	0	0.045
BaO (wt%)	0	0	0.039	0	0.194	0	0.056	0.045	0.115	0	0	0.036
Total	101.492	100.778	100.562	100.803	101.176	100.008	101.052	100.99	100.581	100.055	101.182	100.682
Si	1.860	1.853	1.927	1.940	1.939	1.935	1.916	1.937	1.933	1.925	1.925	1.946
Ti	0.003	0.009	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005	0.007	0.002	0.000	0.000
Al	0.203	0.218	0.106	0.094	0.086	0.092	0.112	0.081	0.098	0.092	0.096	0.091
Cr	0.003	0.000	0.006	0.005	0.002	0.004	0.005	0.003	0.003	0.001	0.004	0.000
Fe ⁺³	0.070	0.063	0.034	0.013	0.034	0.035	0.050	0.033	0.018	0.055	0.051	0.017
Fe ⁺²	0.255	0.267	0.509	0.529	0.527	0.512	0.494	0.496	0.507	0.512	0.492	0.526
Mn	0.007	0.004	0.015	0.012	0.010	0.009	0.011	0.009	0.013	0.012	0.011	0.012
Mg	1.571	1.509	1.390	1.387	1.386	1.395	1.398	1.425	1.405	1.381	1.405	1.392
Ca	0.024	0.072	0.013	0.014	0.015	0.013	0.013	0.010	0.015	0.019	0.015	0.014
En (%)	81.793	78.958	71.429	71.367	70.636	71.283	71.480	72.576	72.241	70.212	71.601	71.400
Amostra Prof. Rocha	DM-04_c3_px 276.45 Nrt	DM-04_c2_px 1 276.45 Nrt	M-04_c2_px 2 276.45 Nrt	DM-04_c2_px 3 276.45 Pxt	recristal3_px 209.35 Pxt	recristal3_px 209.35 Pxt	recristal3_px 209.35 Pxt	recristal1_px 209.35 Pxt	recristal1_px 209.35 Pxt	recristal1_px 209.35 Pxt	recristal1_px 209.35 Pxt	recristal1_px 209.35 Pxt
SiO ₂ (wt%)	53.274	53.196	52.929	52.806	53.864	53.579	53.651	53.347	54.052	53.83	53.709	53.508
TiO ₂ (wt%)	0	0	0.24	0.071	0.014	0.196	0.082	0.543	0.174	0.1	0	0.145
Al ₂ O ₃ (wt%)	2.474	2.227	2.203	2.192	1.923	1.864	1.708	2.014	1.819	1.633	1.827	2.37
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.149	0.05	0.002	0.049	0	0.049	0	0	0	0.075	0.011	0.074
FeO (wt%)	17.895	19.664	19.409	19.738	17.934	17.637	17.866	17.852	17.668	16.498	16.931	16.362
MnO (wt%)	0.359	0.404	0.402	0.321	0.346	0.435	0.42	0.408	0.564	0.368	0.388	0.339
MgO (wt%)	25.829	24.597	24.687	23.955	25.946	26.152	25.684	26.014	23.827	26.851	26.446	26.225
CaO (wt%)	0.45	0.467	0.468	0.744	0.523	0.436	0.519	0.458	0.606	0.483	0.527	0.475
NiO (wt%)	0.029	0.039	0.047	0.01	0.092	0.069	0.055	0.106	0.025	0.059	0.069	0.086
BaO (wt%)	0	0	0	0.047	0.002	0.002	0	0	0	0	0	0
Total	100.459	100.644	100.387	99.933	100.644	100.419	99.985	100.742	98.735	99.897	99.908	99.584
Si	1.926	1.938	1.931	1.941	1.947	1.939	1.953	1.928	1.958	1.948	1.945	1.945
Ti	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.005	0.002	0.015	0.005	0.003	0.000	0.004
Al	0.105	0.096	0.095	0.095	0.082	0.080	0.073	0.086	0.078	0.070	0.078	0.102
Cr	0.004	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002
Fe ⁺³	0.039	0.028	0.033	0.019	0.024	0.031	0.018	0.029	0.000	0.027	0.035	0.000
Fe ⁺²	0.502	0.571	0.559	0.587	0.518	0.503	0.526	0.510	0.508	0.472	0.478	0.497
Mn	0.011	0.012	0.012	0.010	0.011	0.013	0.013	0.012	0.006	0.011	0.012	0.010
Mg	1.392	1.336	1.343	1.313	1.398	1.411	1.394	1.401	1.426	1.448	1.428	1.421
Ca	0.017	0.018	0.018	0.029	0.020	0.017	0.020	0.018	0.017	0.019	0.020	0.018
En (%)	71.368	68.394	68.744	67.361	71.315	71.926	71.187	71.550	73.078	73.659	72.808	73.367
Amostra Prof. Rocha	c1_px recristal1 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt	DM-04_c1_px 209.35 Pxt
SiO ₂ (wt%)	53.71	53.456	53.466	52.95	53.199	53.038	52.591	52.42	52.42	53.959	53.268	52.797
TiO ₂ (wt%)	0.029	0.179	0	0.101	0.063	0.315	0.146	0.146	0.146	0	0.234	0.134
Al ₂ O ₃ (wt%)	1.611	1.77	3.54	3.351	3.42	3.676	4.677	4.608	4.608	1.837	1.74	1.659
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.025	0	0.101	0.113	0.161	0.102	0.062	0.175	0.175	0.037	0.062	0.034
FeO (wt%)	16.842	16.862	15.564	15.36	15.359	14.648	14.079	13.692	13.692	18.388	18.581	19.119
MnO (wt%)	0.45	0.395	0.35	0.419	0.288	0.289	0.206	0.15	0.15	0.538	0.529	0.528
MgO (wt%)	26.516	26.527	27.726	27.075	26.838	28.081	26.898	27.873	27.873	25.205	24.897	24.961
CaO (wt%)	0.432	0.407	0.362	0.433	0.348	0.324	1.577	0.639	0.639	0.494	0.548	0.48
NiO (wt%)	0.037	0.018	0.08	0.053	0.027	0.002	0.07	0.014	0.014	0.02	0.045	0.012
BaO (wt%)	0	0	0	0.008	0.081	0.025	0	0	0	0.047	0.045	0.006
Total	99.652	99.614	101.189	99.863	99.784	100.5	100.306	99.717	99.717	100.525	99.949	99.73
Si	1.950	1.942	1.897	1.906	1.919	1.887	1.878	1.872	1.872	1.960	1.951	1.936
Ti	0.001	0.005	0.000	0.003	0.002	0.008	0.004	0.004	0.004	0.000	0.006	0.004
Al	0.069	0.076	0.148	0.142	0.145	0.154	0.197	0.194	0.194	0.079	0.075	0.072
Cr	0.001	0.000	0.003	0.003	0.005	0.003	0.002	0.005	0.005	0.001	0.002	0.001
Fe ⁺³	0.031	0.030	0.056	0.037	0.008	0.054	0.037	0.052	0.052	0.003	0.009	0.047
Fe ⁺²	0.481	0.482	0.406	0.426	0.455	0.381	0.384	0.357	0.357	0.556	0.560	0.539
Mn	0.014	0.012	0.011	0.013	0.009	0.009	0.006	0.005	0.005	0.017	0.016	0.016
Mg	1.435	1.437	1.466	1.453	1.443	1.489	1.432	1.484	1.484	1.365	1.359	1.365
Ca	0.017	0.016	0.014	0.017	0.013	0.012	0.060	0.024	0.024	0.019	0.022	0.019
En (%)	73.098	73.120	75.512	75.202	75.168	76.869	74.863	77.397	77.397	70.257	69.711	69.276

Amostra Prof. Rocha	c2_px recristal2	px recristali	2_px recristali	2_px recristali	2_px recristali	2_px recristali	2_px recristali	c2_px recristalc2	px recristalc2	px recristal0	c2_px reliqu0	c2_px reliqui	0_c2_px reliqu
	209.35	209.35	209.35	209.35	209.35	209.35	209.35	209.35	209.35	209.35	209.45	209.45	209.45
	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt
SiO ₂ (wt%)	53.366	53.509	52.716	53.277	53.647	53.636	52.428	52.53	53.757	52.368	52.861	53.48	
TiO ₂ (wt%)	0.068	0.154	0.144	0.235	0.076	0.11	0.171	0.269	0.083	0.529	0.19	0.14	
Al ₂ O ₃ (wt%)	1.985	1.075	1.594	1.786	1.306	1.145	1.798	2.124	1.29	4.515	4.587	3.552	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0	0.037	0.014	0.06	0.036	0	0.009	0	0.038	0.175	0.064	0.061	
FeO (wt%)	18.732	19.693	19.848	20.005	20.405	20.161	20.683	19.975	17.592	14.057	14.205	14.417	
MnO (wt%)	0.448	0.414	0.562	0.564	0.479	0.442	0.394	0.532	0.417	0.196	0.203	0.421	
MgO (wt%)	25.497	24.393	24.262	24.585	24.939	24.398	23.862	24.08	25.421	26.634	26.753	27.871	
CaO (wt%)	0.494	0.4	0.594	0.571	0.549	0.599	0.567	0.521	1.665	1.547	1.31	0.305	
NiO (wt%)	0.092	0.055	0.026	0	0.045	0.067	0.065	0.041	0.049	0	0	0	
BaO (wt%)	0	0.004	0.142	0.037	0.023	0	0	0	0.028	0.023	0	0	
Total	100.682	99.734	99.902	101.12	101.505	100.558	99.977	100.072	100.34	100.044	100.173	100.247	
Si	1.935	1.972	1.940	1.935	1.942	1.963	1.932	1.929	1.952	1.877	1.890	1.907	
Ti	0.002	0.004	0.004	0.006	0.002	0.003	0.005	0.007	0.002	0.014	0.005	0.004	
Al	0.085	0.047	0.069	0.076	0.056	0.049	0.078	0.092	0.056	0.191	0.193	0.149	
Cr	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.002	0.002	
Fe ³⁺	0.042	0.000	0.047	0.041	0.055	0.019	0.049	0.038	0.035	0.025	0.018	0.029	
Fe ²⁺	0.526	0.607	0.563	0.567	0.562	0.598	0.589	0.575	0.499	0.396	0.407	0.401	
Mn	0.014	0.013	0.018	0.017	0.015	0.014	0.012	0.017	0.013	0.006	0.006	0.013	
Mg	1.378	1.340	1.331	1.331	1.346	1.331	1.311	1.318	1.376	1.423	1.426	1.482	
Ca	0.019	0.016	0.023	0.022	0.021	0.023	0.022	0.020	0.065	0.059	0.050	0.012	
En (%)	70.123	68.274	67.727	67.881	67.805	67.513	66.519	67.527	69.673	74.748	75.016	77.039	
Amostra Prof. Rocha	0_c2_px reliqui0	c1_px reliqui	c1_px reliqui	0_c1_px reliqui0	c1_px reliqui0	c1_px reliqui	DM-20_c1_px	DM-20_c1_px	2M-20_c1_px	2M-20_c1_px	2M-20_c1_px	2M-20_c1_px	2M-20_c1_px
	209.45	209.45	209.45	209.45	209.45	209.45	0	0	0	0	0	0	0
	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR
SiO ₂ (wt%)	53.458	51.935	52.821	53.415	53.582	52.975	51.245	50.902	50.407	50.518	50.299	50.238	
TiO ₂ (wt%)	0.262	0.196	0.267	0.111	0	0.203	0.246	0.189	0.124	0	0.166	0.09	
Al ₂ O ₃ (wt%)	3.548	5.261	4.623	4.269	3.671	3.553	1.47	1.813	1.902	2.113	1.849	1.823	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0	0.062	0.049	0.088	0.162	0.137	0.025	0.083	0.073	0	0.024	0	
FeO (wt%)	14.648	13.111	13.948	13.812	13.703	13.991	27.367	27.299	26.726	27.125	27.315	27.173	
MnO (wt%)	0.11	0.249	0.173	0.42	0.375	0.255	0.682	0.649	0.486	0.584	0.718	0.524	
MgO (wt%)	27.706	26.81	28.275	27.892	28.879	28.574	18.414	18.154	18.149	18.684	18.385	18.678	
CaO (wt%)	0.887	2.204	0.343	0.346	0.314	0.255	0.656	0.941	1.25	0.931	0.847	0.619	
NiO (wt%)	0.098	0.061	0	0.045	0.025	0.031	0.032	0.024	0	0	0	0	
BaO (wt%)	0.004	0.017	0	0	0	0	0	0.037	0.146	0	0	0.019	
Total	100.721	99.906	100.499	100.398	100.711	99.974	100.137	100.091	99.263	99.955	99.603	99.164	
Si	1.902	1.855	1.872	1.899	1.892	1.888	1.955	1.945	1.939	1.924	1.927	1.929	
Ti	0.007	0.005	0.007	0.003	0.000	0.005	0.007	0.005	0.004	0.000	0.005	0.003	
Al	0.149	0.221	0.193	0.179	0.153	0.149	0.066	0.082	0.086	0.095	0.084	0.083	
Cr	0.000	0.002	0.001	0.002	0.005	0.004	0.001	0.003	0.002	0.000	0.001	0.000	
Fe ³⁺	0.033	0.061	0.049	0.017	0.060	0.059	0.012	0.016	0.029	0.058	0.051	0.055	
Fe ²⁺	0.402	0.330	0.364	0.393	0.345	0.358	0.861	0.857	0.831	0.806	0.824	0.818	
Mn	0.003	0.008	0.005	0.013	0.011	0.008	0.022	0.021	0.016	0.019	0.023	0.017	
Mg	1.469	1.428	1.494	1.478	1.521	1.518	1.047	1.034	1.041	1.061	1.050	1.069	
Ca	0.034	0.084	0.013	0.013	0.012	0.010	0.027	0.039	0.052	0.038	0.035	0.025	
En (%)	75.781	74.995	77.794	77.718	78.493	78.058	53.783	53.168	53.316	54.047	53.574	54.350	
Amostra Prof. Rocha	M-20_c1_px	2DM-20_c1_px	DM-20_c1_px	5									
	0	0	0										
	GR	GR	GR										
SiO ₂ (wt%)	50.431	50.598	50.373										
TiO ₂ (wt%)	0.028	0.142	0.152										
Al ₂ O ₃ (wt%)	1.658	2.009	1.68										
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0	0	0.024										
FeO (wt%)	27.155	27.03	27.227										
MnO (wt%)	0.731	0.738	0.827										
MgO (wt%)	18.458	18.261	18.534										
CaO (wt%)	0.651	0.853	0.666										
NiO (wt%)	0.018	0	0.049										
BaO (wt%)	0.098	0.157	0.017										
Total	99.228	99.788	99.549										
Si	1.940	1.937	1.926										
Ti	0.001	0.004	0.004										
Al	0.075	0.091	0.076										
Cr	0.000	0.000	0.001										
Fe ³⁺	0.046	0.028	0.075										
Fe ²⁺	0.827	0.838	0.796										
Mn	0.024	0.024	0.027										
Mg	1.058	1.042	1.056										
Ca	0.027	0.035	0.027										
En (%)	54.035	53.650	54.056										

CLINOPIROXÊNIO

Amostra Prof. Rocha	c3_px recristal 220.2 Xnt	c3_px recristal 220.2 Xnt	c3_px recristal 220.2 Xnt	M-06_c2_px 3 220.2 Xnt	M-11_c1_px 177.5 Hzb	M-11_c1_px 6 177.5 Hzb	M-11_c1_px 6 177.5 Hzb	M-04_c4_px 3c3_px 276.45 Nrt	recristal 209.35 Pxt	recristal 209.35 Pxt	recristal 209.35 Pxt	recristal 209.35 Pxt
SiO ₂ (wt%)	52.039	51.718	51.796	57.86	50.953	51.37	50.934	51.216	51.99	48.336	51.444	50.917
TiO ₂ (wt%)	0.255	0.412	0.572	0.12	0.559	0.719	0.931	0.565	0.866	0.044	0.914	0.954
Al ₂ O ₃ (wt%)	3.038	3.115	2.999	25.95	4.677	3.617	4.838	4.348	3.394	33.066	3.909	4.261
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.063	0.063	0.102	0	0.286	0.143	0.29	0.053	0.066	0	0.118	0.195
FeO (wt%)	7.483	8.263	7.575	0.167	3.796	4.68	3.327	6.608	6.679	0.104	6.081	6.294
MnO (wt%)	0.296	0.147	0.235	0	0.158	0.101	0.007	0.227	0.159	0	0.158	0.138
MgO (wt%)	14.219	14.255	14.352	0.006	16.136	17.56	16.071	13.656	14.8	0.007	14.474	14.32
CaO (wt%)	21.714	21.229	21.912	7.912	22.996	21.651	23.58	22.347	21.905	16.021	22.367	22.794
NiO (wt%)	0	0.041	0	0.045	0	0.045	0.027	0	0.002	0.029	0	0.025
BaO (wt%)	0	0.133	0.02	0.102	0	0	0.047	0.016	0.031	0.055	0	0
Na ₂ O (wt%)	0.653	0.582	0.561	7.185	0.249	0.113	0.18	0.454	0.481	2.398	0.537	0.422
Total	99.76	99.958	100.124	99.347	99.81	99.999	100.232	99.49	100.373	100.06	100.002	100.32
Si	1.926	1.917	1.912	2.083	1.860	1.870	1.853	1.902	1.910	1.770	1.894	1.872
Ti	0.007	0.011	0.016	0.003	0.015	0.020	0.025	0.016	0.024	0.001	0.025	0.026
Al	0.132	0.136	0.131	1.101	0.201	0.155	0.207	0.190	0.147	1.427	0.170	0.185
Cr	0.002	0.002	0.003	0.000	0.008	0.004	0.008	0.002	0.002	0.000	0.003	0.006
Fe ⁺³	0.047	0.047	0.050	0.000	0.058	0.069	0.039	0.005	0.018	0.000	0.026	0.042
Fe ⁺²	0.185	0.209	0.184	0.005	0.058	0.073	0.062	0.200	0.188	0.003	0.161	0.151
Mn	0.009	0.005	0.007	0.000	0.005	0.003	0.000	0.007	0.005	0.000	0.005	0.004
Mg	0.784	0.788	0.790	0.000	0.878	0.953	0.872	0.756	0.811	0.000	0.794	0.785
Ca	0.861	0.843	0.867	0.305	0.899	0.844	0.919	0.889	0.862	0.628	0.882	0.898
Na	0.047	0.042	0.040	0.502	0.018	0.008	0.013	0.033	0.034	0.170	0.038	0.030
Wo (%)	45.869	44.680	45.847	98.277	47.502	43.531	48.580	48.052	45.912	99.436	47.335	47.855
En (%)	41.793	41.745	41.782	0.104	46.377	49.124	46.069	40.857	43.161	0.060	42.620	41.831
Amostra Prof. Rocha	c3_px recristal 209.35 Pxt	09_c3_px igne 209.35 Pxt	9_c3_px igne 209.35 Pxt	9_c3_px igne 209.35 Pxt	9_c3_px igne 209.35 Pxt	9_c3_px igne 209.35 Pxt	9_c3_px igne 209.35 Pxt	9_c3_px igne 209.35 Pxt	9_c3_px igne 209.35 Pxt	9_c3_px igne 209.35 Pxt	9_c3_px igne 209.35 Pxt	9_c3_px igne 209.35 Pxt
SiO ₂ (wt%)	51.07	49.851	49.829	49.523	49.177	49.77	51.14	49.739	49.581	50.068	52.084	45.89
TiO ₂ (wt%)	0.957	0.928	0.718	1.133	0.839	0.887	0.078	0.753	0.664	0.783	0.707	0.046
Al ₂ O ₃ (wt%)	4.183	5.306	6.305	6.848	7.059	6.275	5.435	6.872	6.38	5.511	3.407	34.752
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.119	0.09	0.054	0.157	0.158	0.141	0.074	0.155	0.142	0.195	0.129	0.002
FeO (wt%)	6.268	5.948	5.749	6.082	6.414	6.304	17.668	8.33	6.471	6.331	6.442	0.431
MnO (wt%)	0.21	0.119	0.231	0.156	0.053	0.166	0.564	0.36	0.117	0.233	0.103	0.053
MgO (wt%)	14.293	13.974	13.27	13.08	13.189	13.563	23.827	14.891	13.138	13.698	14.428	0.014
CaO (wt%)	22.419	23.136	22.883	22.889	22.824	22.93	0.606	18.82	22.985	22.665	22.646	17.948
NiO (wt%)	0	0.055	0.051	0.059	0	0.035	0.025	0.123	0	0.047	0.047	0.068
BaO (wt%)	0.008	0.022	0.016	0	0	0.006	0	0	0.01	0.108	0.018	0
Na ₂ O (wt%)	0.467	0.436	0.395	0.421	0.443	0.406	0.007	0.556	0.427	0.406	0.434	1.199
Total	99.994	99.865	99.501	100.348	100.156	100.483	99.424	100.599	99.915	100.045	100.445	100.403
Si	1.883	1.839	1.847	1.824	1.811	1.828	1.875	1.821	1.832	1.849	1.914	1.686
Ti	0.027	0.026	0.020	0.031	0.023	0.024	0.002	0.021	0.018	0.022	0.020	0.001
Al	0.182	0.231	0.275	0.297	0.306	0.272	0.235	0.297	0.278	0.240	0.148	1.505
Cr	0.003	0.003	0.002	0.005	0.005	0.004	0.002	0.004	0.004	0.006	0.004	0.000
Fe ⁺³	0.028	0.068	0.017	0.018	0.053	0.049	0.009	0.054	0.048	0.041	0.012	0.000
Fe ⁺²	0.165	0.116	0.161	0.169	0.145	0.145	0.533	0.201	0.152	0.154	0.186	0.013
Mn	0.007	0.004	0.007	0.005	0.002	0.005	0.018	0.011	0.004	0.007	0.003	0.002
Mg	0.786	0.769	0.733	0.718	0.724	0.742	1.302	0.813	0.724	0.754	0.791	0.001
Ca	0.886	0.915	0.909	0.903	0.900	0.902	0.024	0.738	0.910	0.897	0.892	0.707
Na	0.033	0.031	0.028	0.030	0.032	0.029	0.000	0.039	0.031	0.029	0.031	0.085
Wo (%)	47.499	48.994	49.926	49.937	49.422	49.077	1.274	40.876	49.626	48.569	47.427	98.056
En (%)	42.135	41.174	40.284	39.706	39.737	40.391	69.723	45.002	39.468	40.842	42.043	0.106

Amostra Prof. Rocha	c3_px recristal 209.35 Pxt	M-10_c1_px 2 209.45 Pxt	M-10_c1_px 2 3_px recrista 209.45 Pxt	3_px recrista 209.45 Pxt	3_px recrista 209.45 Pxt	3_px recrista 209.45 Pxt	M-18_c1_px 1 0 GR	M-18_c1_px 2 0 GR	M-18_c1_px 3 0 GR	M-18_c1_px 4 0 GR	M-18_c1_px 5 0 GR	M-20_c2_px 1 0 GR
SiO ₂ (wt%)	44.828	44.847	44.148	49.689	49.505	50.38	50.217	49.61	50.543	49.984	50.776	50.302
TiO ₂ (wt%)	0.126	0.085	0.116	0.306	1.25	1.025	0.227	0.311	0.679	0.633	0.256	0.539
Al ₂ O ₃ (wt%)	34.77	35.601	35.641	6.47	5.233	5.091	2.685	3.019	2.758	2.596	2.694	3.334
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0	0.016	0	0.026	0.155	0.118	0	0.037	0.014	0	0.013	0
FeO (wt%)	0.439	0.221	0.191	10.485	5.672	5.314	14.326	15.712	13.109	14.532	13.293	13.458
MnO (wt%)	0.083	0	0.03	0.154	0.109	0.21	0.559	0.539	0.553	0.587	0.536	0.322
MgO (wt%)	0.028	0.008	0.014	18.534	14.382	14.365	10.719	10.916	10.896	11.035	10.995	12.235
CaO (wt%)	18.637	18.972	19.017	13.173	23.506	23.46	19.846	17.695	20.957	19.326	20.541	19.164
NiO (wt%)	0	0.006	0.01	0	0.039	0	0.047	0	0	0	0.071	0
BaO (wt%)	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0.016	0
Na ₂ O (wt%)	0.92	0.923	0.587	0.226	0.222	0.212	0.563	0.505	0.712	0.563	0.63	0.499
Total	99.831	100.679	99.754	99.063	100.103	100.175	99.189	98.344	100.221	99.256	99.821	99.853
Si	1.658	1.643	1.636	1.829	1.823	1.852	1.925	1.922	1.910	1.915	1.928	1.900
Ti	0.004	0.002	0.003	0.008	0.035	0.028	0.007	0.009	0.019	0.018	0.007	0.015
Al	1.516	1.537	1.556	0.281	0.227	0.221	0.121	0.138	0.123	0.117	0.121	0.148
Cr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ⁺³	0.000	0.000	0.000	0.059	0.069	0.031	0.057	0.037	0.069	0.059	0.055	0.058
Fe ⁺²	0.014	0.007	0.006	0.264	0.106	0.132	0.402	0.473	0.345	0.407	0.367	0.367
Mn	0.003	0.000	0.001	0.005	0.003	0.007	0.018	0.018	0.018	0.019	0.017	0.010
Mg	0.002	0.000	0.001	1.017	0.790	0.787	0.613	0.631	0.614	0.630	0.622	0.689
Ca	0.739	0.745	0.755	0.520	0.927	0.924	0.815	0.735	0.849	0.793	0.836	0.776
Na	0.066	0.066	0.042	0.016	0.016	0.015	0.042	0.038	0.052	0.042	0.046	0.037
Wo (%)	97.993	99.041	99.121	27.941	49.028	49.291	43.197	39.194	45.215	41.992	44.446	41.043
En (%)	0.205	0.058	0.102	54.699	41.738	41.995	32.463	33.642	32.709	33.362	33.103	36.459
Amostra Prof. Rocha	M-20_c2_px 2 0 GR	M-20_c2_px 3 0 GR	M-20_c2_px 4 0 GR	M-20_c2_px 5 0 GR	M-20_c2_px 6 0 GR	M-20_c2_px 1 0 GR	M-20_c2_px 1 0 GR	M-20_c2_px 1 0 GR	M-20_c2_px 1 0 GR	M-20_c2_px 6 0 GR	M-20_c2_px 6 0 GR	
SiO ₂ (wt%)	50.468	50.421	50.54	49.822	50.438	50.713	49.101	50.294	50.293	51.313	50.759	50.807
TiO ₂ (wt%)	0.543	0.558	0.287	0.264	0.288	0.282	0.474	0.583	0.293	0.537	0.488	0.543
Al ₂ O ₃ (wt%)	3.175	2.989	3.725	3.751	3.184	3.239	3.386	3.521	3.677	3.119	2.929	3.273
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0	0	0.001	0	0.013	0.038	0.049	0	0.013	0.039	0	0.064
FeO (wt%)	11.849	14.04	12.503	11.669	11.267	11.489	14.468	14.687	11.583	11.241	14.456	11.161
MnO (wt%)	0.187	0.314	0.288	0.317	0.27	0.186	0.334	0.546	0.147	0.338	0.381	0.306
MgO (wt%)	12.006	12.401	12.127	11.858	11.978	11.896	12.745	12.673	11.58	12.159	12.773	11.426
CaO (wt%)	20.68	18.209	19.614	21.202	21.395	21.419	17.298	17.86	21.32	21.477	18.382	21.557
NiO (wt%)	0	0.008	0.065	0.025	0.037	0.02	0.072	0	0.059	0.063	0.055	0.002
BaO (wt%)	0	0.141	0.023	0.043	0.033	0.023	0.075	0	0	0.025	0	0.072
Na ₂ O (wt%)	0.462	0.459	0.628	0.557	0.536	0.562	0.503	0.441	0.611	0.542	0.385	0.566
Total	99.37	99.54	99.801	99.508	99.439	99.867	98.505	100.605	99.576	100.853	100.608	99.777
Si	1.911	1.916	1.904	1.881	1.905	1.908	1.882	1.889	1.899	1.913	1.907	1.918
Ti	0.015	0.016	0.008	0.007	0.008	0.008	0.014	0.016	0.008	0.015	0.014	0.015
Al	0.142	0.134	0.165	0.167	0.142	0.144	0.153	0.156	0.164	0.137	0.130	0.146
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002
Fe ⁺³	0.039	0.036	0.055	0.097	0.070	0.064	0.092	0.066	0.067	0.045	0.057	0.027
Fe ⁺²	0.336	0.410	0.338	0.272	0.286	0.297	0.371	0.396	0.299	0.305	0.397	0.326
Mn	0.006	0.010	0.009	0.010	0.009	0.006	0.011	0.017	0.005	0.011	0.012	0.010
Mg	0.678	0.703	0.681	0.667	0.675	0.667	0.728	0.710	0.652	0.676	0.715	0.643
Ca	0.839	0.741	0.792	0.858	0.866	0.863	0.710	0.719	0.862	0.858	0.740	0.872
Na	0.034	0.034	0.046	0.041	0.039	0.041	0.037	0.032	0.045	0.039	0.028	0.041
Wo (%)	44.346	39.224	42.412	45.294	45.662	45.632	37.341	38.035	45.876	45.532	38.750	46.694
En (%)	35.822	37.169	36.486	35.248	35.569	35.263	38.281	37.552	34.670	35.867	37.464	34.436
Amostra Prof. Rocha	M-20_c2_px 6 0 GR	M-20_c2_px 6 0 GR	M-20_c2_px 6 0 GR	M-20_c2_px 6 0 GR	M-20_c2_px 7 0 GR	DM 19 - cpx5 0 GR	DM 19 - cpx6 0 GR	DM 19 - cpx4 0 GR	DM 19 - cpx1 0 GR	DM 19 - cpx2 0 GR	DM 19 - cpx3 0 GR	DM 19 - cpx7 0 GR
SiO ₂ (wt%)	50.471	50.945	50.551	50.437	50.993	45.092	45.332	44.47	47.113	46.569	45.809	45.166
TiO ₂ (wt%)	0.387	0.461	0.857	0.428	0.59	0.729	0.605	0.608	0.426	0.383	0.481	0.613
Al ₂ O ₃ (wt%)	2.945	3.349	3.22	3.266	2.907	5.734	4.71	5.942	3.659	3.544	4.742	5.504
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0	0	0.012	0.012	0	23.39	23.098	23.865	24.468	24.575	24.607	24.223
FeO (wt%)	15.637	11.36	12.061	11.483	12.262	0.148	0.138	0.12	0.077	0.089	0.16	0.113
MnO (wt%)	0.45	0.425	0.298	0.296	0.215	2.769	3.174	2.331	2.341	2.615	2.078	2.201
MgO (wt%)	12.871	11.815	12.011	11.985	12.399	22.203	22.209	22.103	22.035	22.211	22.04	21.955
CaO (wt%)	17.107	21.184	20.68	21.631	20.017							
NiO (wt%)	0.006	0	0.035	0.053	0.055							
BaO (wt%)	0	0.037	0.091	0	0.116							
Na ₂ O (wt%)	0.436	0.574	0.532	0.581	0.517	0.478	0.516	0.414	0.488	0.542	0.491	0.477
Total	100.31	100.15	100.348	100.172	100.071	100.577	99.782	99.853	100.607	100.531	100.447	100.252
Si	1.904	1.913	1.900	1.892	1.920	1.787	1.808	1.780	1.879	1.855	1.829	1.803
Ti	0.011	0.013	0.024	0.012	0.017	0.022	0.018	0.018	0.013	0.011	0.014	0.018
Al	0.131	0.148	0.143	0.144	0.129	0.268	0.221	0.280	0.172	0.166	0.223	0.259
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe ⁺³	0.072	0.041	0.048	0.090	0.035	0.151	0.166	0.156	0.083	0.142	0.126	0.135
Fe ⁺²	0.421	0.315	0.331	0.271	0.351	0.624	0.604	0.643	0.733	0.677	0.696	0.674
Mn	0.014	0.014	0.009	0.009	0.007	0.005	0.005	0.004	0.003	0.003	0.005	0.004
Mg	0.724	0.661	0.673	0.670	0.696	0.164	0.189	0.139	0.139	0.155	0.124	0.131
Ca	0.691	0.852	0.833	0.869	0.808	0.943	0.949	0.948	0.941	0.948	0.943	0.939
Na	0.032	0.042	0.039	0.042	0.038	0.037	0.040	0.032	0.038	0.042	0.038	0.037
Wo (%)	36.227	45.566	44.182	45.761	42.735	50.105	49.735	50.264	49.639	49.323	49.934	49.983
En (%)	37.925	35.361	35.705	35.278	36.832	8.695	9.890	7.376	7.338	8.080	6.551	6.972

PLAGIOCLÁSIO

Amostra Prof. Rocha	M-06B_c2_plg	M-06_c4_plg	1M-06_c4_plg	2M-06_c4_plg	3M-06_c4_plg	4M-06_c4_plg	5M-06_c4_plg	6M-06_c4_plg	7M-06_c1_plg	1M-06_c1_plg	2M-06_c1_plg	3M-06_c1_plg	4	
	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2		
	Pxt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt		
SiO ₂ (wt%)	44.430	51.760	52.474	52.184	54.264	52.961	54.444	54.111	55.257	55.204	55.408	55.638		
Al ₂ O ₃ (wt%)	35.276	30.582	29.853	30.057	28.926	29.615	28.175	28.875	28.300	28.344	28.006	27.989		
FeO (wt%)	0.249	0.096	0.148	0.177	0.090	0.111	0.412	0.181	0.064	0.207	0.045	0.107		
CaO (wt%)	18.729	13.487	12.277	12.555	11.288	11.990	10.565	11.296	10.384	10.484	10.312	10.111		
Na ₂ O (wt%)	0.709	4.087	4.580	4.463	5.155	5.016	5.317	5.238	5.853	5.659	5.674	5.818		
K ₂ O (wt%)	0.018	0.063	0.099	0.056	0.145	0.103	0.060	0.105	0.125	0.182	0.150	0.101		
Total	99.411	100.075	99.431	99.492	99.868	99.796	98.973	99.806	99.983	100.080	99.595	99.764		
Si	2.001	1.968	2.001	1.988	2.054	2.014	2.068	2.052	2.087	2.085	2.097	2.102		
Al	1.342	1.371	1.342	1.349	1.291	1.327	1.261	1.291	1.260	1.262	1.249	1.246		
Fe ⁺³	0.870	0.868	0.870	0.869	0.864	0.867	0.866	0.866	0.865	0.862	0.864	0.862		
Fe ⁺²	0.005	0.003	0.005	0.006	0.003	0.004	0.013	0.006	0.002	0.007	0.001	0.003		
Ca	0.502	0.549	0.502	0.512	0.458	0.488	0.430	0.459	0.420	0.424	0.418	0.409		
Na	0.339	0.301	0.339	0.330	0.378	0.370	0.391	0.385	0.429	0.414	0.416	0.426		
K	0.005	0.003	0.005	0.003	0.007	0.005	0.003	0.005	0.006	0.009	0.007	0.005		
An (%)	59.358	64.353	59.358	60.658	54.297	56.584	52.152	54.048	49.156	50.064	49.676	48.705		
Amostra Prof. Rocha	M-06_c1_plg	5M-06_c1_plg	6M-06_c3_plg	1M-06_c3_plg	2M-06_c3_plg	3M-06_c3_plg	4M-06_c3_plg	5M-06_c2_plg	c1_plg inclus	c1_plg inclus	c1_plg inclus	c1_plg inclus	7	
	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	276.45	276.45	276.45	276.45		
	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt		
SiO ₂ (wt%)	56.194	52.621	53.562	53.038	54.703	56.241	56.202	57.790	52.467	52.387	53.385	53.208		
Al ₂ O ₃ (wt%)	27.931	30.026	29.407	29.886	27.589	28.121	27.718	26.476	30.502	29.788	29.976	30.276		
FeO (wt%)	0.159	0.250	0.087	0.159	0.349	0.175	0.084	0.029	0.020	0.564	0.018	0.098		
CaO (wt%)	9.936	12.071	11.974	12.396	10.227	9.719	9.525	8.500	12.632	12.382	12.244	12.165		
Na ₂ O (wt%)	5.977	4.506	4.666	4.438	5.533	5.893	6.058	6.899	4.220	4.345	4.724	4.625		
K ₂ O (wt%)	0.158	0.078	0.079	0.102	0.079	0.143	0.161	0.161	0.147	0.123	0.128	0.100		
Total	100.355	99.552	99.775	100.019	98.480	100.312	99.730	99.855	99.988	99.589	100.475	100.472		
Si	2.113	2.003	2.032	2.011	2.083	2.111	2.120	2.173	1.990	1.992	2.016	2.008		
Al	1.238	1.347	1.315	1.336	1.238	1.244	1.233	1.173	1.363	1.335	1.334	1.347		
Fe ⁺³	0.858	0.868	0.866	0.865	0.869	0.856	0.861	0.858	0.865	0.867	0.862	0.861		
Fe ⁺²	0.005	0.008	0.003	0.005	0.011	0.005	0.003	0.001	0.001	0.018	0.001	0.003		
Ca	0.400	0.492	0.487	0.504	0.417	0.391	0.385	0.342	0.513	0.504	0.495	0.492		
Na	0.436	0.332	0.343	0.326	0.409	0.429	0.443	0.503	0.310	0.320	0.346	0.338		
K	0.008	0.004	0.004	0.005	0.004	0.008	0.007	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005		
An (%)	47.449	59.410	58.376	60.325	50.296	47.232	46.108	40.139	61.789	60.722	58.458	58.900		
Amostra Prof. Rocha	c1_plg inclus	c1_plg inclus	M-04_c1_plg	3M-04_c1_plg	4M-04_c1_plg	5M-04_c4_plg	1M-04_c4_plg	2_c4_plg	includ	c4_plg	includ	M-04_c4_plg	6M-04_c4_plg	7
	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	
	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	
SiO ₂ (wt%)	53.003	50.717	52.057	52.036	53.248	52.594	52.182	50.766	50.882	51.214	51.934	51.260		
Al ₂ O ₃ (wt%)	29.533	31.512	30.456	30.835	30.159	30.640	30.558	31.396	31.415	31.189	31.102	31.062		
FeO (wt%)	0.398	0.125	0.041	0.061	0.060	0.100	0.142	0.436	0.299	0.226	0.083	0.078		
CaO (wt%)	11.845	13.928	12.947	12.956	12.218	12.797	13.055	13.721	13.898	13.963	13.473	13.400		
Na ₂ O (wt%)	4.449	3.452	4.177	4.207	4.729	4.093	4.005	3.720	3.595	3.601	4.018	3.983		
K ₂ O (wt%)	0.150	0.049	0.115	0.132	0.050	0.047	0.140	0.062	0.028	0.077	0.055	0.082		
Total	99.378	99.783	99.793	100.227	100.464	100.271	100.082	100.101	100.117	100.270	100.665	99.865		
Si	2.018	1.933	1.981	1.972	2.011	1.990	1.981	1.930	1.936	1.947	1.962	1.953		
Al	1.325	1.416	1.366	1.377	1.342	1.366	1.367	1.407	1.408	1.397	1.385	1.394		
Fe ⁺³	0.869	0.870	0.868	0.865	0.862	0.863	0.866	0.867	0.868	0.867	0.862	0.869		
Fe ⁺²	0.013	0.004	0.001	0.002	0.002	0.003	0.005	0.014	0.010	0.007	0.003	0.002		
Ca	0.483	0.569	0.528	0.526	0.494	0.519	0.531	0.559	0.566	0.569	0.545	0.547		
Na	0.328	0.255	0.308	0.309	0.346	0.300	0.295	0.274	0.265	0.265	0.294	0.294		
K	0.007	0.002	0.006	0.006	0.002	0.002	0.007	0.003	0.001	0.004	0.003	0.004		
An (%)	59.005	68.837	62.719	62.510	58.641	63.165	63.779	66.845	68.004	67.877	64.744	64.717		
Amostra Prof. Rocha	M-04_c4_plg	8_c3_plg	includ	M-04_c3_plg	(M-04_c3_plg)	(r) M-04_c3_plg	4M-04_c2_plg	1M-04_c2_plg	2M-04_c2_plg	3M-04_c2_plg	M-04_c2_plg	(r) M-09_c3_plg	1M-09_c3_plg	2
	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	276.45	209.35	209.35	
	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Nrt	Pxt	Pxt	
SiO ₂ (wt%)	51.732	52.917	53.237	54.055	52.492	49.539	52.844	52.890	52.548	55.386	46.843	48.619		
Al ₂ O ₃ (wt%)	30.444	30.074	29.724	29.208	30.185	32.323	29.657	30.037	1.967	28.632	33.872	33.041		
FeO (wt%)	0.058	0.105	0.050	0.141	0.107	0.116	0.123	0.016	20.413	0.026	0.117	0.121		
CaO (wt%)	13.030	12.003	12.016	12.104	12.619	14.695	12.010	12.554	0.355	10.584	16.635	15.853		
Na ₂ O (wt%)	4.105	4.422	4.744	4.786	4.282	3.106	4.615	4.543	0.000	5.663	1.906	2.413		
K ₂ O (wt%)	0.033	0.168	0.193	0.175	0.064	0.021	0.072	0.058	0.016	0.070	0.063	0.069		
Total	99.402	99.689	99.964	100.469	99.749	99.800	99.321	100.098	75.299	100.361	99.436	100.116		
Si	1.974	2.009	2.019	2.040	1.996	1.893	2.014	2.001	2.133	2.084	1.805	1.888		
Al	1.369	1.346	1.329	1.299	1.353	1.456	1.332	1.339	0.094	1.270	1.538	1.456		
Fe ⁺³	0.871	0.866	0.865	0.861	0.867	0.872	0.870	0.863	0.926	0.858	0.879	0.872		
Fe ⁺²	0.002	0.003	0.002	0.004	0.003	0.004	0.004	0.001	0.693	0.001	0.004	0.005		
Ca	0.533	0.488	0.488	0.490	0.514	0.602	0.490	0.509	0.015	0.427	0.687	0.613		
Na	0.304	0.326	0.349	0.350	0.316	0.230	0.341	0.333	0.000	0.413	0.142	0.223		
K	0.002	0.008	0.009	0.008	0.003	0.001	0.004	0.003	0.001	0.003	0.003	0.003		
An (%)	63.568	59.405	57.684	57.712	61.725	72.244	58.737	60.228	59.633	50.604	82.518	73.079		

Amostra Prof. Rocha	M-09_c3_plg 209.35 Pxt	09_c3_plg 209.35 Pxt	09_c3_plg 209.35 Pxt	09_c3_plg 209.35 Pxt	M-09_c3_plg 209.35 Pxt	09_c3_plg 209.35 Pxt	09_c3_plg 209.35 Pxt	M-09_c1_plg 209.35 Pxt	1M-09_c1_plg 209.35 Pxt	2M-09_c1_plg 209.35 Pxt	3M-09_c1_plg 209.35 Pxt	4M-09_c1_plg 209.35 Pxt	5M-09_c1_plg 209.35 Pxt	
SiO ₂ (wt%)	49.378	51.278	51.755	51.356	49.880	51.331	51.711	47.939	48.044	48.601	47.126	47.912	47.912	
Al ₂ O ₃ (wt%)	32.321	31.170	30.795	31.129	31.649	30.841	31.011	33.083	33.335	32.615	33.683	33.185	33.185	
FeO (wt%)	0.150	0.073	0.117	0.017	0.185	0.063	0.023	0.059	0.102	0.175	0.135	0.064	0.064	
CaO (wt%)	14.977	13.397	13.430	13.723	14.762	13.928	13.484	16.218	16.252	15.399	16.740	16.257	16.257	
Na ₂ O (wt%)	3.008	3.621	3.818	3.714	2.961	3.642	3.856	2.395	2.156	2.598	1.939	2.185	2.185	
K ₂ O (wt%)	0.062	0.122	0.107	0.093	0.065	0.093	0.031	0.029	0.099	0.099	0.021	0.043	0.043	
Total	99.896	99.661	100.022	100.032	99.502	99.898	100.178	99.725	99.918	99.487	99.644	99.646	99.646	
Si	1.888	1.954	1.966	1.951	1.910	1.956	1.962	1.840	1.839	1.863	1.812	1.839	1.839	
Al	1.456	1.400	1.379	1.394	1.428	1.385	1.387	1.497	1.503	1.473	1.526	1.502	1.502	
Fe ⁺³	0.872	0.869	0.867	0.867	0.874	0.869	0.866	0.876	0.873	0.874	0.877	0.876	0.876	
Fe ⁺²	0.005	0.002	0.004	0.001	0.006	0.002	0.001	0.002	0.003	0.006	0.004	0.002	0.002	
Ca	0.613	0.547	0.547	0.559	0.606	0.569	0.548	0.667	0.666	0.632	0.690	0.669	0.669	
Na	0.223	0.268	0.281	0.274	0.220	0.269	0.284	0.178	0.160	0.193	0.145	0.163	0.163	
K	0.003	0.006	0.005	0.005	0.003	0.005	0.005	0.002	0.001	0.005	0.001	0.002	0.002	
An (%)	73.079	66.669	65.619	66.763	73.088	67.515	65.543	78.770	80.503	76.164	82.569	80.233	80.233	
Amostra Prof. Rocha	M-09_c1_plg 209.35 Pxt	09_c2_plg 209.35 Pxt	09_c2_plg 209.35 Pxt	09_c2_plg 209.35 Pxt	09_c2_plg 209.35 Pxt	09_c2_plg 209.35 Pxt	09_c2_plg 209.35 Pxt	M-09_c2_plg 209.35 Pxt	6M-10_c3_plg 209.45 Pxt	1M-10_c3_plg 209.45 Pxt	2M-10_c3_plg 209.45 Pxt	3M-10_c3_plg 209.45 Pxt	4M-10_c3_plg 209.45 Pxt	5M-10_c3_plg 209.45 Pxt
SiO ₂ (wt%)	46.967	53.430	53.112	53.735	53.816	53.054	50.104	44.739	44.605	44.786	43.997	44.398	44.398	44.398
Al ₂ O ₃ (wt%)	33.568	29.453	28.957	29.033	28.999	29.924	31.581	34.924	35.581	35.216	35.682	35.447	35.447	35.447
FeO (wt%)	0.085	0.065	0.383	0.059	0.062	0.057	0.108	0.247	0.171	0.138	0.242	0.162	0.162	0.162
CaO (wt%)	16.605	12.061	11.784	11.843	11.406	11.962	14.272	18.779	18.571	18.659	19.223	18.683	18.683	18.683
Na ₂ O (wt%)	2.008	4.528	4.907	4.607	4.901	4.850	3.334	0.836	0.650	0.860	0.573	0.815	0.815	0.815
K ₂ O (wt%)	0.012	0.181	0.167	0.256	0.200	0.153	0.052	0.000	0.024	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	99.245	99.718	99.310	99.533	99.384	100.000	99.451	99.525	99.602	99.678	99.717	99.505	99.505	99.505
Si	1.811	2.028	2.018	2.043	2.047	2.011	1.917	1.731	1.722	1.730	1.702	1.718	1.718	1.718
Al	1.525	1.317	1.297	1.301	1.300	1.337	1.424	1.592	1.619	1.604	1.627	1.616	1.616	1.616
Fe ⁺³	0.880	0.866	0.867	0.868	0.868	0.865	0.873	0.883	0.881	0.882	0.883	0.883	0.883	0.883
Fe ⁺²	0.003	0.002	0.012	0.002	0.002	0.002	0.003	0.008	0.006	0.004	0.008	0.005	0.005	0.005
Ca	0.686	0.490	0.480	0.482	0.465	0.486	0.585	0.778	0.768	0.772	0.797	0.775	0.775	0.775
Na	0.150	0.333	0.361	0.340	0.362	0.356	0.247	0.063	0.049	0.064	0.043	0.061	0.061	0.061
K	0.001	0.009	0.008	0.012	0.010	0.007	0.003	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
An (%)	81.988	58.919	56.484	57.814	55.603	57.177	70.073	92.545	93.908	92.198	94.882	92.684	92.684	92.684
Amostra Prof. Rocha	M-10_c3_plg 209.45 Pxt	6M-18_c1_plg 0 GR	7M-18_c1_plg 0 GR	1M-18_c1_plg 0 GR	2M-18_c1_plg 0 GR	3M-18_c1_plg 0 GR	5M-18_c1_plg 0 GR	6M-20_c2_plg 0 GR	1M-20_c2_plg 0 GR	2M-20_c2_plg 0 GR	3M-20_c2_plg 0 GR	4M-20_c2_plg 0 GR	5M-20_c2_plg 0 GR	
SiO ₂ (wt%)	44.947	59.596	59.135	59.733	59.821	59.705	59.393	55.468	55.863	55.180	56.040	56.014	56.014	
Al ₂ O ₃ (wt%)	35.572	25.402	25.477	25.382	25.203	25.478	25.601	28.020	27.866	28.088	27.916	28.145	28.145	
FeO (wt%)	0.159	0.145	0.101	0.083	0.074	0.157	0.077	0.110	0.146	0.058	0.127	0.157	0.157	
CaO (wt%)	18.526	7.132	7.399	7.089	6.817	6.982	7.207	10.205	10.241	9.885	10.219	9.920	9.920	
Na ₂ O (wt%)	0.911	7.930	7.696	7.400	7.535	7.517	7.606	5.569	5.566	5.895	5.821	5.965	5.965	
K ₂ O (wt%)	0.014	0.233	0.221	0.343	0.315	0.287	0.303	0.291	0.312	0.306	0.313	0.293	0.293	
Total	100.129	100.438	100.029	100.030	99.765	100.126	100.187	99.663	99.954	99.412	100.436	100.494	100.494	
Si	1.728	2.228	2.219	2.235	2.242	2.232	2.224	2.100	2.106	2.094	2.109	2.106	2.106	
Al	1.612	1.119	1.127	1.120	1.113	1.123	1.130	1.250	1.238	1.256	1.238	1.247	1.247	
Fe ⁺³	0.877	0.853	0.856	0.854	0.855	0.853	0.854	0.864	0.860	0.866	0.859	0.858	0.858	
Fe ⁺²	0.005	0.005	0.003	0.003	0.002	0.005	0.002	0.003	0.005	0.002	0.004	0.005	0.005	
Ca	0.763	0.286	0.297	0.284	0.274	0.280	0.289	0.414	0.412	0.402	0.412	0.400	0.400	
Na	0.068	0.575	0.560	0.537	0.548	0.545	0.552	0.409	0.407	0.434	0.425	0.435	0.435	
K	0.001	0.011	0.011	0.016	0.015	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.015	0.014	0.014	
An (%)	91.753	32.776	34.272	33.937	32.731	33.364	33.785	49.468	49.412	47.258	48.373	47.096	47.096	
Amostra Prof. Rocha	M-20_c2_plg 0 GR	6M-20_c1_plg 0 GR	1M-20_c1_plg 0 GR	2M-20_c1_plg 0 GR	4M-20_c1_plg 0 GR	5M-20_c1_plg 0 GR	6M-20_c1_plg 0 GR	7M-06_c4_plg 220.2 Xnt	1M-06_c4_plg 220.2 Xnt	2M-06_c4_plg 220.2 Xnt	3M-06_c4_plg 220.2 Xnt	4M-06_c4_plg 220.2 Xnt	5M-06_c4_plg 220.2 Xnt	
SiO ₂ (wt%)	55.994	56.103	55.540	55.727	55.966	56.355	55.571	51.760	52.474	52.184	54.264	52.961	52.961	
Al ₂ O ₃ (wt%)	28.230	28.109	28.370	28.272	28.091	27.613	28.251	30.582	29.853	30.057	28.926	29.615	29.615	
FeO (wt%)	0.060	0.076	0.056	0.053	0.054	0.134	0.145	0.096	0.148	0.177	0.090	0.111	0.111	
CaO (wt%)	10.405	10.118	10.464	10.308	9.969	9.965	10.130	13.487	12.277	12.555	11.288	11.990	11.990	
Na ₂ O (wt%)	5.687	5.956	5.847	5.878	5.829	5.958	6.040	4.087	4.580	4.463	5.155	5.016	5.016	
K ₂ O (wt%)	0.304	0.241	0.260	0.264	0.337	0.323	0.336	0.063	0.099	0.056	0.145	0.103	0.103	
Total	100.680	100.603	100.537	100.502	100.246	100.348	100.473	100.075	99.431	99.492	99.868	99.796	99.796	
Si	2.102	2.105	2.088	2.094	2.106	2.120	2.090	1.968	2.001	1.988	2.054	2.014	2.014	
Al	1.249	1.243	1.257	1.252	1.246	1.224	1.252	1.342	1.342	1.349	1.291	1.327	1.327	
Fe ⁺³	0.856	0.856	0.858	0.857	0.859	0.858	0.858	0.868	0.870	0.869	0.864	0.867	0.867	
Fe ⁺²	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.005	0.003	0.005	0.006	0.003	0.004	0.004	
Ca	0.418	0.407	0.422	0.415	0.402	0.402	0.408	0.549	0.502	0.512	0.458	0.488	0.488	
Na	0.414	0.433	0.426	0.428	0.425	0.435	0.440	0.301	0.339	0.330	0.378	0.370	0.370	
K	0.015	0.012	0.012	0.013	0.016	0.016	0.016	0.003	0.005	0.003	0.007	0.005	0.005	
An (%)	49.410	47.764	49.001	48.487	47.656	47.157	47.204	64.353	59.358	60.658	54.297	56.584	56.584	

Amostra Prof. Rocha	M-06_c4_plg 220.2 Xnt	6M-06_c4_plg 220.2 Xnt	7M-06_c1_plg 220.2 Xnt	1M-06_c1_plg 220.2 Xnt	2M-06_c1_plg 220.2 Xnt	3M-06_c1_plg 220.2 Xnt	4M-06_c1_plg 220.2 Xnt	5M-06_c1_plg 220.2 Xnt	6M-06_c3_plg 220.2 Xnt	1M-06_c3_plg 220.2 Xnt	2M-06_c3_plg 220.2 Xnt	3M-06_c3_plg 220.2 Xnt
SiO ₂ (wt%)	54.444	54.111	55.257	55.204	55.408	55.638	56.194	52.621	53.562	53.038	54.703	56.241
Al ₂ O ₃ (wt%)	28.175	28.875	28.300	28.344	28.006	27.989	27.931	30.026	29.407	29.886	27.589	28.121
FeO (wt%)	0.412	0.181	0.064	0.207	0.045	0.107	0.159	0.250	0.087	0.159	0.349	0.175
CaO (wt%)	10.565	11.296	10.384	10.484	10.312	10.111	9.936	12.071	11.974	12.396	10.227	9.719
Na ₂ O (wt%)	5.317	5.238	5.853	5.659	5.674	5.818	5.977	4.506	4.666	4.438	5.533	5.893
K ₂ O (wt%)	0.060	0.105	0.125	0.182	0.150	0.101	0.158	0.078	0.079	0.102	0.079	0.163
Total	98.973	99.806	99.983	100.080	99.595	99.764	100.355	99.552	99.775	100.019	98.480	100.312
Si	2.068	2.052	2.087	2.085	2.097	2.102	2.113	2.003	2.032	2.011	2.083	2.111
Al	1.261	1.291	1.260	1.262	1.249	1.246	1.238	1.347	1.315	1.336	1.238	1.244
Fe ⁺³	0.866	0.865	0.862	0.862	0.864	0.862	0.858	0.868	0.866	0.865	0.869	0.856
Fe ⁺²	0.013	0.006	0.002	0.007	0.001	0.003	0.005	0.008	0.003	0.005	0.011	0.005
Ca	0.430	0.459	0.420	0.424	0.418	0.409	0.400	0.492	0.487	0.504	0.417	0.391
Na	0.391	0.385	0.429	0.414	0.416	0.426	0.436	0.332	0.343	0.326	0.409	0.429
K	0.003	0.005	0.006	0.009	0.007	0.005	0.008	0.004	0.004	0.005	0.004	0.008
An (%)	52.152	54.048	49.156	50.064	49.676	48.705	47.449	59.410	58.376	60.325	50.296	47.232
Amostra Prof. Rocha	M-06_c3_plg 220.2 Xnt	5M-06_c2_plg 220.2 Xnt	DM 19 – plg8 0	DM 19 – plg9 0	DM 19 – plg12 0	DM 19 – plg13 0	DM 19 – plg14 0	DM 19 – plg15 0	DM 19 – plg10 0	DM 19 – plg11 0	DM 19 – plg1 0	DM 19 – plg2 0
SiO ₂ (wt%)	56.202	57.790	45.817	45.692	45.519	45.705	45.419	45.516	46.283	46.077	47.295	46.962
Al ₂ O ₃ (wt%)	27.718	26.476	35.608	35.264	35.148	35.405	35.247	35.42	35.078	35.42	34.987	34.674
FeO (wt%)	0.084	0.029	0.229	0.118	0.262	0.145	0.258	0.174	0.259	0.125	0.344	0.338
CaO (wt%)	9.525	8.500	18.883	18.562	18.432	18.428	18.399	18.664	18.376	18.674	17.841	18.089
Na ₂ O (wt%)	6.058	6.899	0.793	0.948	0.796	0.88	0.825	0.819	0.907	0.875	1.337	1.295
K ₂ O (wt%)	0.143	0.161	0.017	0.025	0.073	0.02	0.024	0.013	0.053	0.046	0.053	0.055
Total	99.730	99.855	101.347	100.609	100.253	100.631	100.348	100.606	101.135	101.221	101.901	101.413
Si	2.120	2.173	2.087	2.094	2.097	2.096	2.091	2.088	2.115	2.100	2.137	2.133
Al	1.233	1.173	1.912	1.905	1.908	1.913	1.912	1.915	1.889	1.903	1.863	1.856
Fe ⁺³	0.861	0.858	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ⁺²	0.003	0.001	0.009	0.005	0.010	0.006	0.010	0.007	0.010	0.005	0.013	0.013
Ca	0.385	0.342	0.922	0.911	0.910	0.905	0.908	0.917	0.900	0.912	0.864	0.880
Na	0.443	0.503	0.070	0.084	0.071	0.078	0.074	0.073	0.080	0.077	0.117	0.114
K	0.007	0.008	0.001	0.001	0.004	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003
An (%)	46.108	40.139	92.845	91.406	92.348	91.936	92.362	92.572	91.512	91.935	87.785	88.248
Amostra Prof. Rocha	DM 19 – plg3 0	DM 19 – plg4 0	DM 19 – plg5 0	DM 19 – plg6 0	DM 19 – plg7 0							
SiO ₂ (wt%)	47.251	46.702	46.329	46.418	46.649							
Al ₂ O ₃ (wt%)	34.701	34.437	34.761	34.482	34.575							
FeO (wt%)	0.353	0.224	0.391	0.307	0.326							
CaO (wt%)	17.242	17.296	18.036	17.791	17.585							
Na ₂ O (wt%)	1.507	1.48	1.143	1.384	1.399							
K ₂ O (wt%)	0.099	0.048	0.054	0.049	0.06							
Total	101.154	100.187	100.768	100.518	100.618							
Si	2.148	2.144	2.120	2.126	2.133							
Al	1.860	1.863	1.875	1.861	1.863							
Fe ⁺³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000							
Fe ⁺²	0.013	0.009	0.015	0.012	0.012							
Ca	0.840	0.851	0.884	0.873	0.862							
Na	0.133	0.132	0.101	0.123	0.124							
K	0.006	0.003	0.003	0.003	0.004							
An (%)	85.837	86.344	89.426	87.408	87.106							

HIALOFANA

Amostra Prof. Rocha	DM-06_c2_kf 220.2 Xnt	1DM-18_c1_kf 0 GR	1DM-18_c1_kf 0 GR	2DM-18_c1_kf 0 GR	3DM-18_c1_kf 0 GR	4DM-06_c2_kf 220.2 Xnt	2DM-06_c2_kf 220.2 Xnt	3DM-06_c2_kf 220.2 Xnt	4DM-06_c2_kf 220.2 Xnt	5DM-06_c2_kf 220.2 Xnt	6DM-06_c2_kf 220.2 Xnt
SiO ₂ (wt%)	60.361	62.329	63.831	63.979	63.788	62.796	59.725	60.562	60.483	59.676	
TiO ₂ (wt%)	0.084	0.235	0.09	0.055	0.131	0	0.06	0	0	0	
Al ₂ O ₃ (wt%)	19.716	20.909	18.981	18.769	18.803	18.66	19.381	19.507	19.753	19.416	
FeO (wt%)	0.076	0.034	0.021	0.062	0.08	0.066	0.059	0.098	0.084	0.052	
MnO (wt%)	0.025	0	0	0	0	0.038	0.018	0	0.088	0.027	
MgO (wt%)	0.018	0	0	0.001	0.013	0.01	0.018	0	0.037	0	
CaO (wt%)	0.002	2.536	0.216	0.154	0.313	0.055	0.055	0	0.006	0.027	
Na ₂ O (wt%)	1.182	3.362	1.292	1.223	1.495	1.062	1.045	1.107	1.12	1.209	
K ₂ O (wt%)	12.589	9.611	14.248	14.12	14.196	13.972	12.676	12.779	12.585	12.799	
BaO (wt%)	6.212	0.554	0.887	0.961	0.671	2.743	6.11	5.804	5.725	5.841	
Total	100.265	99.57	99.566	99.324	99.49	99.402	99.147	99.857	99.881	99.047	
Si	2.886	2.861	2.967	2.986	2.960	2.965	2.889	2.902	2.896	2.878	
Al	1.111	1.131	1.040	1.032	1.028	1.038	1.105	1.101	1.114	1.104	
Fe ⁺³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	
Ti	0.003	0.008	0.003	0.002	0.005	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	
Mg	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.003	0.000	
Fe ⁺²	0.003	0.001	0.001	0.002	0.000	0.003	0.002	0.004	0.003	0.000	
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.004	0.001	
Ca	0.000	0.125	0.011	0.008	0.016	0.003	0.003	0.000	0.000	0.001	
Na	0.110	0.299	0.116	0.111	0.135	0.097	0.098	0.103	0.104	0.113	
K	0.768	0.563	0.845	0.841	0.840	0.841	0.782	0.781	0.769	0.787	
Ba	0.116	0.010	0.016	0.018	0.012	0.051	0.116	0.109	0.107	0.110	
% Or	77.256	56.467	85.494	86.081	83.816	84.809	78.309	78.668	78.408	77.790	
Amostra Prof. Rocha	DM-06_c2_kf 220.2 Xnt	7DM-06_c2_kf 220.2 Xnt	8DM-06_c2_kf 220.2 Xnt	9 M-06_c2_kf 220.2 Xnt	10M-06_c2_kf 220.2 Xnt	11M-06_c2_kf 220.2 Xnt	12M-06_c2_kf 220.2 Xnt	13M-06_c2_kf 220.2 Xnt	14M-06_c2_kf 220.2 Xnt	15	
SiO ₂ (wt%)	60.021	60.164	63.011	60.171	60.4	63.439	59.434	63.076	59.715		
TiO ₂ (wt%)	0	0.154	0.049	0	0	0.06	0	0	0.089		
Al ₂ O ₃ (wt%)	19.716	19.677	18.868	19.781	19.301	18.919	19.755	19.004	19.446		
FeO (wt%)	0.002	0.062	0.052	0	0.073	0.082	0.076	0.04	0.172		
MnO (wt%)	0.004	0	0	0.021	0.033	0	0.008	0.007	0.01		
MgO (wt%)	0	0	0.041	0.021	0.037	0	0	0.015	0.055		
CaO (wt%)	0.1	0.066	0.018	0.023	0.007	0.034	0.008	0.016	0.039		
Na ₂ O (wt%)	1.198	1.147	0.99	0.893	1.183	0.997	1.007	0.922	1.028		
K ₂ O (wt%)	12.334	12.49	14.071	12.576	12.819	14.091	12.62	14.593	12.682		
BaO (wt%)	6.217	6.134	3.098	6.346	4.911	2.574	6.665	2.739	6.096		
Total	99.592	99.894	100.198	99.832	98.764	100.196	99.573	100.412	99.332		
Si	2.889	2.888	2.958	2.897	2.907	2.969	2.871	2.947	2.884		
Al	1.119	1.113	1.044	1.123	1.095	1.043	1.125	1.046	1.107		
Fe ⁺³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000		
Ti	0.000	0.006	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.003		
Mg	0.000	0.000	0.003	0.002	0.003	0.000	0.000	0.001	0.004		
Fe ⁺²	0.000	0.002	0.002	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.007		
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		
Ca	0.005	0.003	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.002		
Na	0.112	0.107	0.090	0.083	0.110	0.090	0.094	0.084	0.096		
K	0.757	0.765	0.843	0.772	0.787	0.841	0.778	0.870	0.781		
Ba	0.117	0.115	0.057	0.120	0.093	0.047	0.126	0.050	0.115		
% Or	76.379	77.229	85.061	79.086	79.467	85.788	77.880	86.610	78.528		

GRANADA

Amostra Prof. Rocha	grt7 0	grt8 0	grt9 0	grt10 0	grt11 0	grt12 0	grt13 0	grt14 0	grt15 0	grt16 0	grt17 0	grt18 0	grt19 0	grt20 0
	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran
SiO ₂ (wt%)	37.207	37.101	37.715	37.715	39.486	37.643	37.247	37.788	36.58	38.165	37.805	28.482	37.691	37.852
TiO ₂ (wt%)	0.84	0.706	0.684	0.621	0.741	0.647	0.832	0.822	0.871	0.661	0.674	0.429	0.613	0.603
Al ₂ O ₃ (wt%)	10.146	11.094	11.963	11.546	11.914	11.229	10.097	10.198	9.829	11.802	11.437	8.856	11.58	12.098
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0	0	0.024	0.016	0	0	0	0.041	0.026	0	0.003	0.05	0	0
FeO (wt%)	21.048	19.627	18.79	19.557	19.449	20.004	20.517	20.973	20.863	19.057	19.254	12.503	19.013	19.198
MnO (wt%)	0.409	0.439	0.418	0.386	0.401	0.437	0.384	0.364	0.442	0.416	0.411	0.262	0.365	0.454
MgO (wt%)	0.064	0.099	0.094	0.081	0.081	0.045	0.084	0.081	0.074	0.06	0.047	0.041	0.09	0.067
CaO (wt%)	30.057	29.962	29.877	30.43	29.297	29.522	29.945	30.169	29.735	30.136	30.556	22.905	30.653	30.353
Total	99.771	99.028	99.565	100.352	101.369	99.527	99.106	100.436	98.42	100.297	100.187	73.528	100.005	100.625
Si	2.975	2.976	3.000	2.981	3.091	3.007	2.996	3.001	2.967	3.016	2.993	3.056	2.986	2.980
Ti	0.051	0.043	0.041	0.037	0.044	0.039	0.050	0.049	0.053	0.039	0.040	0.035	0.037	0.036
Al	0.956	1.049	1.122	1.076	1.099	1.057	0.957	0.954	0.940	1.099	1.067	1.120	1.081	1.122
Cr	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000
Fe ⁺³	0.992	0.915	0.795	0.887	0.632	0.852	0.951	0.944	1.018	0.791	0.867	0.695	0.874	0.847
Fe ⁺²	0.415	0.402	0.455	0.406	0.641	0.484	0.429	0.449	0.397	0.469	0.408	0.427	0.386	0.417
Mn	0.028	0.030	0.028	0.026	0.027	0.030	0.026	0.024	0.030	0.028	0.028	0.024	0.024	0.030
Mg	0.008	0.012	0.011	0.010	0.009	0.005	0.010	0.010	0.009	0.007	0.006	0.007	0.011	0.008
Ca	2.575	2.575	2.546	2.577	2.457	2.526	2.580	2.567	2.584	2.551	2.592	2.633	2.602	2.560
% almandine	13.725	13.315	14.974	13.439	20.462	15.898	14.096	14.720	13.138	15.344	13.457	13.820	12.756	13.837
% pyrope	0.252	0.392	0.367	0.316	0.302	0.176	0.331	0.314	0.296	0.231	0.183	0.212	0.352	0.261
% grossular	40.711	44.598	47.948	45.906	48.552	45.016	41.409	41.194	39.941	47.585	46.194	51.476	46.727	47.533
% spessartine	0.916	0.988	0.926	0.856	0.848	0.971	0.859	0.803	1.005	0.911	0.909	0.770	0.810	1.004
% andradite	42.246	38.895	33.971	37.865	27.909	36.284	41.128	40.738	43.291	34.228	37.513	31.935	37.777	35.853
% Ca-Ti Gt	2.151	1.811	1.749	1.575	1.927	1.655	2.177	2.119	2.258	1.701	1.737	1.591	1.578	1.512
Amostra Prof. Rocha	grt21 0	grt23 0	grt24 0	grt25 0	grt22 0	grt1 0	grt2 0	grt3 0	grt4 0	grt5 0	grt6 0	grt26 0	grt27 0	
	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	Grt-hed-gran	
SiO ₂ (wt%)	38.009	38.022	37.6	38.202	37.266	37.597	38.873	37.939	37.529	38.107	37.286	37.199	37.606	
TiO ₂ (wt%)	0.578	0.517	0.363	0.46	0.944	0.429	0.109	0.341	0.547	0.362	0.656	1.123	0.77	
Al ₂ O ₃ (wt%)	11.756	13.402	14.556	13.655	10.036	11.491	17.979	14.424	12.116	13.951	9.872	9.951	12.365	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.009	0.033	0	0.021	0.037	0.031	0.019	0	0	0	0	0.005	0.007	
FeO (wt%)	19.552	20.735	20.076	20.576	21.826	21.572	18.921	20.004	21.647	20.387	22.435	21.148	18.895	
MnO (wt%)	0.392	0.315	0.36	0.288	0.392	0.404	0.449	0.465	0.357	0.452	0.435	0.42	0.382	
MgO (wt%)	0.084	0.154	0.144	0.171	0.078	0.11	0.151	0.11	0.071	0.133	0.05	0.084	0.128	
CaO (wt%)	29.927	27.689	26.663	26.751	29.13	28.368	23.553	26.799	27.671	27.045	28.685	29.858	29.844	
Total	100.307	100.867	99.762	100.124	99.709	100.002	100.054	100.082	99.938	100.437	99.419	99.788	99.997	
Si	3.005	2.990	2.981	3.025	2.989	2.995	3.054	2.999	2.991	3.006	3.002	2.978	2.977	
Ti	0.034	0.031	0.022	0.027	0.057	0.026	0.006	0.020	0.033	0.021	0.040	0.068	0.046	
Al	1.096	1.242	1.360	1.274	0.949	1.079	1.665	1.344	1.138	1.297	0.937	0.939	1.154	
Cr	0.001	0.002	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Fe ⁺³	0.825	0.715	0.635	0.619	0.957	0.878	0.213	0.617	0.814	0.649	0.979	0.970	0.800	
Fe ⁺²	0.468	0.649	0.697	0.743	0.507	0.559	1.030	0.706	0.628	0.696	0.532	0.446	0.451	
Mn	0.026	0.021	0.024	0.019	0.027	0.027	0.030	0.031	0.024	0.030	0.030	0.028	0.026	
Mg	0.010	0.018	0.017	0.020	0.009	0.013	0.018	0.013	0.008	0.016	0.006	0.010	0.015	
Ca	2.535	2.333	2.265	2.270	2.503	2.421	1.983	2.270	2.363	2.285	2.475	2.561	2.531	
% almandine	15.405	21.473	23.199	24.353	16.635	18.512	33.666	23.366	20.783	22.986	17.477	14.647	14.915	
% pyrope	0.326	0.598	0.567	0.661	0.306	0.432	0.578	0.429	0.279	0.517	0.197	0.329	0.500	
% grossular	46.737	48.214	50.882	49.291	39.673	43.576	57.205	50.994	44.796	49.771	38.971	39.943	48.303	
% spessartine	0.864	0.695	0.805	0.633	0.874	0.902	0.976	1.031	0.797	0.998	0.975	0.935	0.847	
% andradite	35.179	27.754	23.737	23.951	40.033	35.461	7.313	23.411	32.055	24.905	40.727	41.256	33.498	
% Ca-Ti Gt	1.466	1.187	0.810	1.060	2.381	1.038	0.221	0.769	1.290	0.824	1.652	2.876	1.919	

BIOTITA

Amostra Prof. Rocha	DM-13_c3_bt 149.6 Hzb	DM-13_c3_bt 149.6 Hzb	DM-13_c3_bt 149.6 Hzb	DM-13_c3_bt 149.6 Hzb	DM-13_c3_bt 149.6 Hzb	DM-04_c1_bt 276.45 Nrt	DM-04_c1_bt 276.45 Nrt	DM-04_c1_bt 276.45 Nrt	DM-04_c1_bt 276.45 Nrt	DM-09_c3_bt 209.35 Pxt	DM-09_c3_bt 209.35 Pxt	DM-09_c3_bt 209.35 Pxt
SiO2	37.392	37.741	38.509	38.093	37.84	39.018	38.871	38.272	38.707	38.847	38.194	38.886
TiO2	2.733	1.935	1.415	0.787	1.764	3.308	3.066	3.965	3.342	3.879	3.974	2.837
Al2O3	16.318	16.464	15.872	16.309	16.43	16.111	16.42	16.071	16.215	15.552	15.439	15.624
FeO	4.927	5.006	4.665	4.412	4.804	9.62	9.814	10.615	10.714	10.353	10.516	9.706
MnO	0	0	0.129	0	0	0.09	0.02	0	0	0.171	0	0.022
MgO	22.605	23.003	23.784	23.575	22.826	18.158	18.03	16.887	17.445	17.438	17.868	18.395
CaO	0.021	0.002	0.015	0.039	0	0.036	0.049	0.061	0.045	0.061	0.062	0.039
Na2O	0.625	0.704	0.772	0.647	0.655	0.14	0.118	0.098	0.075	0.078	0.095	0.138
K2O	9.115	9.234	9.318	9.12	9.465	9.66	9.633	9.766	9.647	9.548	9.42	9.217
BaO	0.362	0.306	0.426	0.472	0.342	0.176	0.252	0.454	0.384	0.582	0.544	0.388
F	0.275	0.281	0.21	0.28	0.321	0.232	0.342	0.203	0.198	0.469	0.305	0.407
Cl	0.015	0.023	0.032	0.03	0.045	0.012	0.014	0.049	0.011	0.025	0.03	0.023
Cr2O3	0.382	0.353	0.262	0.369	0.329	0.18	0.218	0.205	0.116	0	0.078	0.041
NiO	0.09	0.1	0.052	0.213	0.079	0	0.045	0.093	0.058	0.121	0.06	0.097
H2O*	5.261	4.973	4.631	5.779	5.245	3.358	3.256	3.36	3.128	3.076	3.547	4.356
Total	100.121	100.125	100.092	100.125	100.145	100.099	100.148	100.099	100.085	100.2	100.132	100.176
Si	5.388	5.421	5.505	5.502	5.452	5.599	5.582	5.545	5.577	5.609	5.542	5.645
Al iv	2.612	2.579	2.495	2.498	2.548	2.401	2.418	2.455	2.423	2.391	2.458	2.355
Al vi	0.160	0.208	0.179	0.279	0.243	0.324	0.362	0.289	0.331	0.255	0.183	0.318
Ti	0.296	0.209	0.152	0.085	0.191	0.357	0.331	0.432	0.362	0.421	0.434	0.310
Fe	0.594	0.601	0.558	0.533	0.579	1.155	1.179	1.286	1.291	1.250	1.276	1.178
Mn	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.011	0.002	0.000	0.000	0.021	0.000	0.003
Mg	4.856	4.925	5.068	5.076	4.903	3.884	3.860	3.647	3.747	3.753	3.865	3.981
Ca	0.003	0.000	0.002	0.006	0.000	0.006	0.008	0.009	0.007	0.009	0.010	0.006
Na	0.175	0.196	0.214	0.181	0.183	0.039	0.033	0.028	0.021	0.022	0.027	0.039
K	1.675	1.692	1.699	1.680	1.740	1.768	1.765	1.805	1.773	1.758	1.744	1.707
Ba	0.020	0.017	0.024	0.027	0.019	0.010	0.014	0.026	0.022	0.033	0.031	0.022
F	0.125	0.128	0.095	0.128	0.146	0.105	0.155	0.093	0.090	0.214	0.140	0.187
Cl	0.004	0.006	0.008	0.007	0.011	0.003	0.003	0.012	0.003	0.006	0.007	0.006
Cr	0.044	0.040	0.030	0.042	0.037	0.020	0.025	0.023	0.013	0.000	0.009	0.005
Ni	0.010	0.012	0.006	0.025	0.009	0.000	0.005	0.011	0.007	0.014	0.007	0.011
OH*	3.871	3.867	3.897	3.865	3.843	3.892	3.841	3.895	3.907	3.780	3.853	3.807
Fe/Fe+Mg	0.109	0.109	0.099	0.095	0.106	0.229	0.234	0.261	0.256	0.250	0.248	0.228
Amostra Prof. Rocha	DM-09_c3_bt 209.35 Pxt	DM-09_c1_bt 209.35 Pxt	DM-09_c1_bt 209.35 Pxt	DM-09_c1_bt 209.35 Pxt	DM-09_c1_bt 209.35 Pxt	DM-09_c1_bt 209.35 Pxt	DM-09_c1_bt 209.35 Pxt	DM-09_c1_bt 209.35 Pxt	DM-09_c2_bt 209.35 Pxt	DM-09_c2_bt 209.35 Pxt	DM-09_c2_bt 209.35 Pxt	DM-09_c2_bt 209.35 Pxt
SiO2	38.23	39.199	38.955	38.656	38.543	39.677	39.308	39.58	38.615	37.928	36.269	38.104
TiO2	3.738	2.476	2.97	2.539	3.854	2.884	3.494	2.806	3.111	3.705	4.023	3.848
Al2O3	15.285	16.448	15.973	15.931	16.321	15.424	16.252	16.201	15.897	15.371	14.324	15.85
FeO	10.312	8.269	9.045	8.972	8.77	8.631	8.06	8.073	9.99	11.015	10.837	10.482
MnO	0.029	0	0.082	0.001	0	0.038	0.01	0.004	0.103	0.018	0	0.074
MgO	17.186	19.679	18.552	18.883	18.474	19.837	19.628	20.043	17.644	17.211	17.246	17.211
CaO	0.023	0.009	0.023	0.083	0.003	0.038	0.048	0.022	0	0.093	0.089	0.158
Na2O	0.122	0.136	0.182	0.189	0.189	0.173	0.217	0.162	0.079	0.073	0.059	0.078
K2O	9.566	9.002	9.323	9.032	9.067	8.605	8.971	9.09	9.716	9.717	9.146	9.541
BaO	0.384	0.35	0.432	0.378	0.4	0.254	0.517	0.419	0.233	0.438	0.504	0.63
F	0.211	0.432	0.415	0.39	0.289	0.261	0.384	0.355	0.347	0.345	0.303	0.21
Cl	0	0.02	0.035	0.032	0.011	0.013	0.004	0	0.009	0	0.035	0.028
Cr2O3	0.205	0.132	0.129	0.142	0.074	0.143	0.269	0.182	0.039	0.077	0.039	0.052
NiO	0.112	0.116	0.087	0.046	0.101	0.05	0.027	0.072	0.157	0.14	0.067	0.138
H2O*	4.687	3.92	3.981	4.899	4.028	4.083	2.975	3.141	4.209	4.014	7.194	3.692
Total	100.09	100.188	100.184	100.173	100.124	100.111	100.164	100.15	100.149	100.145	100.135	100.096
Si	5.603	5.610	5.622	5.619	5.545	5.676	5.574	5.615	5.615	5.554	5.504	5.542
Al iv	2.397	2.390	2.378	2.381	2.455	2.324	2.426	2.385	2.385	2.446	2.496	2.458
Al vi	0.244	0.385	0.339	0.349	0.313	0.277	0.291	0.324	0.340	0.207	0.066	0.260
Ti	0.412	0.266	0.322	0.278	0.417	0.310	0.373	0.299	0.340	0.408	0.459	0.421
Fe	1.264	0.990	1.092	1.091	1.055	1.033	0.956	0.958	1.215	1.349	1.375	1.275
Mn	0.004	0.000	0.010	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.013	0.002	0.000	0.009
Mg	3.755	4.198	3.991	4.092	3.962	4.230	4.149	4.239	3.825	3.757	3.901	3.732
Ca	0.004	0.001	0.004	0.013	0.000	0.006	0.007	0.003	0.000	0.015	0.014	0.025
Na	0.035	0.038	0.051	0.053	0.053	0.048	0.060	0.045	0.022	0.021	0.017	0.022
K	1.788	1.643	1.716	1.675	1.664	1.570	1.623	1.645	1.802	1.815	1.770	1.770
Ba	0.022	0.020	0.024	0.022	0.023	0.014	0.029	0.023	0.013	0.025	0.030	0.036
F	0.098	0.196	0.189	0.179	0.132	0.118	0.172	0.159	0.160	0.160	0.145	0.097
Cl	0.000	0.005	0.009	0.008	0.003	0.003	0.001	0.000	0.002	0.000	0.009	0.007
Cr	0.024	0.015	0.015	0.016	0.008	0.016	0.030	0.020	0.004	0.009	0.005	0.006
Ni	0.013	0.013	0.010	0.005	0.012	0.006	0.003	0.008	0.018	0.016	0.008	0.016
OH*	3.902	3.800	3.802	3.813	3.866	3.879	3.827	3.841	3.838	3.840	3.846	3.896
Fe/Fe+Mg	0.252	0.191	0.215	0.210	0.210	0.196	0.187	0.184	0.241	0.264	0.261	0.255

Amostra Prof. Rocha	DM-09_c2_bt 209.35 Pxt	DM-09_c2_bt 209.35 Pxt	DM-09_c2_bt 209.35 Pxt	DM-18_c1_bt 0 GR	DM-18_c1_bt 0 GR	DM-18_c1_bt 0 GR	DM-18_c1_bt 0 GR	DM-18_c1_bt 0 GR	DM-18_c1_bt 0 GR	DM-04_c4_bt 276.45 Nrt	DM-04_c4_bt 276.45 Nrt	DM-04_c4_bt 276.45 Nrt	DM-04_c4_bt 276.45 Nrt	DM-10_c2_bt 209.45 Pxt
SiO2	38.29	38.713	38.196	36.196	36.838	36.505	36.155	36.593	36.218	38.954	38.84	38.098	37.874	38.036
TiO2	4.326	3.252	3.732	4.979	5.276	5.17	5.204	5.134	5.703	2.876	2.603	2.329	2.513	2.208
Al2O3	15.408	14.036	15.76	13.905	13.791	13.919	14.009	13.825	14.084	16.357	16.523	15.935	16.585	16.563
FeO	9.706	10.398	10.398	19.603	19.701	20.175	19.571	19.149	20.379	10.629	9.629	10.877	10.819	9.438
MnO	0	0.076	0	0.04	0.113	0.147	0.112	0.025	0.146	0.106	0.02	0	0.062	0.02
MgO	18.215	17.34	17.363	10.989	10.471	11.112	11.026	11.402	10.344	17.815	17.966	18.479	19.535	19.346
CaO	0.061	0.028	0.053	0	0.053	0	0.015	0.035	0.029	0	0.116	0.046	0.063	0
Na2O	0.05	0.053	0.038	0.025	0.076	0.021	0.051	0.049	0.05	0.113	0.29	0.18	0.132	0.505
K2O	9.753	9.289	9.926	9.576	9.549	9.489	9.488	9.419	9.527	9.685	9.283	8.749	8.181	8.745
BaO	0.248	0.671	0.764	0.632	0.514	0.596	0.59	0.464	0.594	0.145	0.299	0.38	0.255	0.756
F	0.457	0.434	0.227	1.569	1.372	1.502	1.706	1.673	1.504	0.245	0.381	0.137	0.215	0.48
Cl	0.016	0.038	0.023	0.113	0.142	0.122	0.131	0.129	0.128	0.015	0.02	0.006	0.014	0.045
Cr2O3	0.101	0.013	0.001	0	0.039	0	0	0.012	0	0.166	0.089	0.244	0.104	0.09
NiO	0.163	0.129	0.099	0.043	0.01	0.039	0	0.014	0	0.109	0.052	0.056	0.078	0.109
H2O*	3.401	5.722	3.52	3.015	2.664	1.864	2.691	2.808	1.956	2.891	4.057	4.543	3.662	3.87
Total	100.195	100.192	100.1	100.685	100.609	100.661	100.749	100.731	100.662	100.106	100.168	100.059	100.092	100.211
Si	5.532	5.750	5.556	5.542	5.603	5.527	5.518	5.564	5.499	5.590	5.612	5.558	5.454	5.506
Al iv	2.468	2.250	2.444	2.458	2.397	2.473	2.482	2.436	2.501	2.410	2.388	2.442	2.546	2.494
Al vi	0.155	0.207	0.258	0.051	0.075	0.012	0.038	0.042	0.020	0.356	0.427	0.298	0.269	0.332
Ti	0.470	0.363	0.408	0.573	0.603	0.589	0.597	0.587	0.651	0.310	0.283	0.256	0.272	0.240
Fe	1.173	1.292	1.265	2.510	2.506	2.555	2.498	2.435	2.588	1.276	1.164	1.327	1.303	1.143
Mn	0.000	0.010	0.000	0.005	0.015	0.019	0.014	0.003	0.019	0.013	0.002	0.000	0.008	0.002
Mg	3.923	3.839	3.765	2.508	2.374	2.508	2.508	2.584	2.341	3.811	3.870	4.019	4.194	4.175
Ca	0.009	0.004	0.008	0.000	0.009	0.000	0.002	0.006	0.005	0.000	0.018	0.007	0.010	0.000
Na	0.014	0.015	0.011	0.007	0.022	0.006	0.015	0.014	0.015	0.031	0.081	0.051	0.037	0.142
K	1.797	1.760	1.842	1.870	1.852	1.833	1.847	1.827	1.845	1.773	1.711	1.628	1.503	1.615
Ba	0.014	0.039	0.044	0.038	0.031	0.035	0.035	0.028	0.035	0.008	0.017	0.022	0.014	0.043
F	0.209	0.204	0.104	0.760	0.660	0.719	0.823	0.805	0.722	0.111	0.174	0.063	0.098	0.220
Cl	0.004	0.010	0.006	0.029	0.037	0.031	0.034	0.033	0.033	0.004	0.005	0.001	0.003	0.011
Cr	0.012	0.002	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.001	0.000	0.019	0.010	0.028	0.012	0.010
Ni	0.019	0.015	0.012	0.005	0.001	0.005	0.000	0.002	0.000	0.013	0.006	0.007	0.009	0.013
OH*	3.787	3.787	3.890	3.211	3.303	3.249	3.143	3.162	3.245	3.885	3.821	3.935	3.899	3.769
Fe/Fe+Mg	0.230	0.252	0.251	0.500	0.514	0.505	0.499	0.485	0.525	0.251	0.231	0.248	0.237	0.215
Amostra Prof. Rocha	DM-10_c2_bt 209.45 Pxt	DM-10_c2_bt 209.45 Pxt	DM-10_c2_bt 209.45 Pxt	DM-10_c2_bt 209.45 Pxt	DM-10_c2_bt 209.45 Pxt	DM-10_c2_bt 209.45 Pxt	DM-13_c3_bt 149.6 Hzb	DM-13_c3_bt 149.6 Hzb	DM-13_c2_bt 149.6 Hzb	DM-13_c2_bt 149.6 Hzb	DM-13_c2_bt 149.6 Hzb	DM-13_c2_bt 149.6 Hzb	DM-13_c2_bt 149.6 Hzb	DM-13_c2_bt 5 149.6 Hzb
SiO2	36.812	38.597	38.268	38.071	38.545	41.382	41.933	38.537	38.333	38.803	38.439	38.477	38.376	
TiO2	7.431	3.095	2.906	2.011	3.612	2.43	2.213	1.102	1.129	1.238	2.05	1.098	1.412	
Al2O3	15.712	16.726	17.038	16.747	16.113	13.797	13.288	16.486	16.718	16.78	15.879	17.071	17.037	
FeO	8.418	8.604	9.048	9.055	9.012	6.456	6.488	4.665	4.724	4.607	5.256	4.767	4.612	
MnO	0	0.063	0.019	0.057	0	0.164	0.139	0.002	0	0.073	0.007	0.088	0	
MgO	18.335	19.313	19.024	19.539	19.456	16.343	16.518	23.726	23.709	23.655	23.736	23.515	23.682	
CaO	0.024	0	0.015	0.073	0.031	12.133	12.214	0.012	0.005	0	0.018	0	0	
Na2O	0.476	0.474	0.475	0.426	0.459	1.948	1.964	0.882	1.065	1.014	0.942	1.006	1.063	
K2O	8.227	8.718	8.701	8.777	8.491	1.25	1.293	8.968	8.669	8.637	8.828	8.858	8.734	
BaO	0.914	0.776	0.777	1.012	0.969	0	0.033	0.366	0.436	0.453	0.333	0.422	0.315	
F	0.568	0.571	0.591	0.54	0.492	0.174	0.069	0.349	0.266	0.243	0.478	0.157	0.183	
Cl	0.075	0.089	0.046	0.045	0.069	0.018	0.021	0.024	0.016	0.01	0	0.024	0.012	
Cr2O3	0.141	0.155	0.064	0.142	0.063	0.287	0.339	0.17	0.158	0.327	0.288	0.273	0.211	
NiO	0	0.15	0.008	0.029	0.111	0.081	0.068	0.083	0.098	0.079	0.042	0.04	0.081	
H2O*	3.122	2.931	3.28	3.713	2.802	3.614	3.452	4.776	4.788	4.186	3.905	4.279	4.362	
Total	100.255	100.262	100.26	100.237	100.225	100.077	100.032	100.148	100.114	100.105	100.201	100.075	100.08	
Si	5.286	5.511	5.489	5.503	5.507	5.806	5.871	5.500	5.468	5.492	5.460	5.460	5.440	
Al iv	2.659	2.489	2.511	2.497	2.493	2.194	2.129	2.500	2.532	2.508	2.540	2.540	2.560	
Al vi	0.000	0.325	0.369	0.356	0.220	0.088	0.063	0.273	0.279	0.292	0.118	0.315	0.287	
Ti	0.802	0.332	0.313	0.219	0.388	0.256	0.233	0.118	0.121	0.132	0.219	0.117	0.151	
Fe	1.011	1.027	1.085	1.095	1.077	0.758	0.760	0.557	0.564	0.545	0.624	0.566	0.547	
Mn	0.000	0.008	0.002	0.007	0.000	0.019	0.016	0.000	0.000	0.009	0.001	0.011	0.000	
Mg	3.925	4.110	4.068	4.210	4.144	3.418	3.447	5.048	5.042	4.991	5.026	4.974	5.004	
Ca	0.004	0.000	0.002	0.011	0.005	1.824	1.832	0.002	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	
Na	0.133	0.131	0.132	0.119	0.127	0.530	0.533	0.244	0.295	0.278	0.259	0.277	0.292	
K	1.507	1.588	1.592	1.618	1.547	0.224	0.231	1.633	1.577	1.559	1.599	1.603	1.579	
Ba	0.051	0.043	0.044	0.057	0.054	0.000	0.002	0.020	0.024	0.025	0.019	0.023	0.017	
F	0.258	0.258	0.268	0.247	0.222	0.077	0.031	0.158	0.120	0.109	0.215	0.070	0.082	
Cl	0.018	0.022	0.011	0.011	0.017	0.004	0.005	0.006	0.004	0.002	0.000	0.006	0.003	
Cr	0.016	0.017	0.007	0.016	0.007	0.032	0.038	0.019	0.018	0.037	0.032	0.031	0.024	
Ni	0.000	0.017	0.001	0.003	0.013	0.009	0.008	0.010	0.011	0.009	0.005	0.005	0.009	
OH*	3.724	3.721	3.721	3.742	3.761	3.919	3.964	3.837	3.876	3.889	3.785	3.924	3.915	
Fe/Fe+Mg	0.205	0.200	0.211	0.206	0.206	0.181	0.181	0.099	0.101	0.099	0.111	0.102	0.098	

ILMENITA

Amostra Prof. Rocha	M-06A-C1-ilm 220.2 Xnt	M-06A-C1-ilm 220.2 Xnt	M-06A-C1-ilm 220.2 Xnt	M-06A-C1-ilm 220.2 Xnt	M-06A-C1-ilm 220.2 Xnt	M-06A-C2-ilm 220.2 Xnt	M-06A-C2-ilm 220.2 Xnt	M-06A-C2-ilm 220.2 Xnt	M-06A-C2-ilm 220.2 Xnt	M-06A-C2-ilm 220.2 Xnt	DM-14-C2-ilm 102.4 OIOPxt	DM-14-C2-ilm 102.4 OIOPxt	216-2_C1_ilm 68.25 GbrNrt	1_16-2_C1_ilm 68.25 GbrNrt	6-2_C1_ilm 68.25 GbrNrt	116-2_C1_ilm 68.25 GbrNrt
SiO ₂ (wt%)	0.052	0.061	0.061	0.028	0.071	0.032	0.047	0.062	0.082	0.05	0.089	0.028	0.066	0.063	0.301	
TiO ₂ (wt%)	51.391	49.548	47.303	51.484	51.195	51.393	52.253	51.396	52.588	52.217	53.42	50.49	45.37	47.514	46.418	
Al ₂ O ₃ (wt%)	0.007	0	0.021	0.015	0.018	0	0.002	0.017	0.04	0	0	0	0.049	0.016	0.009	
Cr ₂ O ₃ (wt%)	0.13	0.243	0.29	0.23	0.282	0.016	0.075	0.123	0.092	0.184	0.175					
FeO (wt%)	46.117	46.852	47.096	45.945	46.075	46.711	46.437	46.302	45.858	42.671	43.026	49.284	51.171	50.655	49.895	
MgO (wt%)	1.998	1.993	1.996	1.723	1.7	0.83	0.784	0.892	0.881	3.718	3.509	0.604	0.645	0.608	0.606	
CaO (wt%)	0.007	0.021	0.082	0.025	0.033	0	0.018	0.062	0.04	0.046	0.007	0.043	0	0	0.016	
V ₂ O ₅ (wt%)	0.659	0.597	0.602	0.622	0.732	0.565	0.522	0.615	0.607	0.432	0.419					
(OH)	0	0.666	2.459	0	0	0.439	0	0.518	0	0.681	0					
total	100.361	99.981	99.91	100.072	100.106	99.986	100.138	99.987	100.188	99.999	100.645	100.449	97.301	98.856	97.245	
Si	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.008	
Ti	0.955	0.930	0.902	0.962	0.957	0.973	0.984	0.973	0.989	0.969	0.980	0.947	0.875	0.904	0.897	
Cr	0.003	0.005	0.006	0.005	0.006	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.003					
V	0.013	0.012	0.012	0.012	0.015	0.011	0.010	0.012	0.012	0.009	0.008					
Al	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	
Fe ⁺³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.104	0.245	0.189	0.191	
Mg	0.074	0.074	0.075	0.064	0.063	0.031	0.029	0.033	0.033	0.137	0.128	0.000	0.000	0.000	0.000	
Fe ⁺²	0.881	0.856	0.824	0.899	0.895	0.942	0.956	0.939	0.957	0.832	0.854	0.000	0.000	0.000	0.000	
Ca	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
% Ilmenita	88.370	85.888	82.815	90.132	89.780	94.272	95.701	94.191	95.933	83.450	85.612	92.531	85.203	88.245	88.120	
% Geikielita	7.378	7.435	7.581	6.403	6.319	3.115	2.931	3.357	3.293	13.711	12.791	2.248	2.465	2.292	2.321	
% Hematita	3.582	6.079	8.765	2.822	3.143	2.042	0.841	1.775	0.105	2.411	1.186	5.187	12.257	9.439	9.545	
% Corindon	0.010	0.000	0.032	0.022	0.026	0.000	0.003	0.025	0.059	0.000	0.000	0.000	0.074	0.024	0.014	
% Karelianita	0.654	0.599	0.615	0.621	0.732	0.570	0.525	0.622	0.610	0.428	0.411	0.000	0.000	0.000	0.000	
Amostra Prof. Rocha	16-2_C1_ilm 68.25 GbrNrt	216-2_C1_ilm 68.25 GbrNrt	2M-16-2_C4_ilm 68.25 GbrNrt	M-16-2_C4_ilm 68.25 GbrNrt	M-16-2_C4_ilm 68.25 GbrNrt	M-16_C4_ilm 68.25 GbrNrt	M-16_C4_ilm 68.25 GbrNrt	M-16_C4_ilm 68.25 GbrNrt	M-16_C5_ilm 68.25 GbrNrt	M-16_C5_ilm 68.25 GbrNrt	M-16_C5_ilm 68.25 GbrNrt	M-16_C3_ilm 68.25 GbrNrt	M-16_C3_ilm 68.25 GbrNrt	M-16_C3_ilm 68.25 GbrNrt		
SiO ₂ (wt%)	0.024	0.057	0	0.042	0	0.022	0.036	0.031	0.012	0.019	0.005	0.051	0.001	0.01		
TiO ₂ (wt%)	46.865	46.274	47.737	48.244	48.719	47.494	45.496	47.438	46.707	43.576	47.792	47.126	49.08	44.635		
Al ₂ O ₃ (wt%)	0	0.007	0.02	0	0.005	0.043	0.331	0.008	0.762	0.058	0.013	0	0.046	0.029		
Cr ₂ O ₃ (wt%)																
FeO (wt%)	52.177	51.051	50.223	51.663	50.505	52.423	51.594	50.913	50.257	53.24	52.059	52.892	51.837	54.628		
MgO (wt%)	0.633	0.714	0.626	0.551	0.599	0.66	0.626	0.658	0.703	0.612	0.573	0.616	0.437	0.483		
CaO (wt%)	0.009	0.053	0.022	0.013	0	0.013	0	0.028	0.005	0	0.007	0	0.028	0.001		
V ₂ O ₅ (wt%)																
(OH)																
total	99.708	98.156	98.628	100.513	99.828	100.655	98.083	99.076	98.446	97.505	100.449	100.685	101.429	99.786		
Si	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000		
Ti	0.883	0.885	0.910	0.903	0.919	0.886	0.869	0.900	0.888	0.837	0.895	0.879	0.912	0.839		
Cr																
V																
Al	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.010	0.000	0.023	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001		
Fe ⁺³	0.233	0.227	0.179	0.192	0.163	0.225	0.250	0.199	0.201	0.323	0.210	0.239	0.176	0.320		
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Fe ⁺²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Ca	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		
% Ilmenita	85.974	85.890	88.622	88.360	89.628	86.218	84.658	87.577	86.183	81.441	87.343	85.755	89.488	82.136		
% Geikielita	2.364	2.709	2.366	2.045	2.239	2.441	2.371	2.475	2.649	2.330	2.126	2.277	1.609	1.800		
% Hematita	11.663	11.390	8.937	9.595	8.126	11.278	12.476	9.936	10.033	16.141	10.507	11.967	8.782	16.022		
% Corindon	0.000	0.010	0.030	0.000	0.007	0.063	0.495	0.012	1.135	0.087	0.019	0.000	0.067	0.043		
% Karelianita	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

CROMITA

Amostra Prof. Rocha	M-13-C5-Chr 149.6 Hzb	1M-13-C5-Chr 149.6 Hzb	2M-13-C5-Chr 149.6 Hzb	3M-13-C4-Chr 149.6 Hzb	1M-13-C1-Chr 149.6 Hzb	1M-13-C1-Chr 149.6 Hzb
SiO ₂ (wt%)	0	0.043	0.018	0	0.008	0.014
TiO ₂ (wt%)	0.112	0.104	0.08	0.275	0.124	0
Al ₂ O ₃ (wt%)	42.059	42.716	42.245	43.879	43.604	43.508
Cr ₂ O ₃ (wt%)	11.625	12.128	11.685	11.529	12.033	11.606
FeO (wt%)	29.612	28.702	29.059	27.151	28.385	28.79
MgO (wt%)	10.508	10.715	10.326	12.366	10.76	10.967
CaO (wt%)	0	0.015	0	0	0.019	0
NiO (wt%)	0.153	0.162	0.18	0.152	0.184	0.195
V ₂ O ₃ (wt%)	0.15	0.062	0.117	0.099	0.132	0.144
(OH)	5.781	5.353	6.29	4.548	4.752	4.776
Total	100	100	100	99.999	100.001	100
Ni	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005
Si	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Ti	0.003	0.002	0.002	0.006	0.003	0.000
Cr	0.277	0.287	0.280	0.267	0.282	0.272
V	0.004	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003
Al	1.494	1.507	1.508	1.515	1.526	1.521
Fe ⁺³	0.219	0.197	0.202	0.203	0.182	0.199
Mg	0.472	0.478	0.466	0.538	0.476	0.485
Fe ⁺²	0.527	0.521	0.532	0.462	0.522	0.511
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
% Magnetita	10.628	9.492	9.791	9.798	8.709	9.694
% Ulvo-espinéli	0.254	0.234	0.182	0.606	0.277	0.000
% Cromita	13.853	14.369	13.999	13.355	14.124	13.611
% Hercinita	27.487	27.563	28.789	21.744	28.662	27.553
% Espinélio	47.226	47.877	46.657	54.023	47.632	48.506
% Coulsonita	0.181	0.074	0.142	0.116	0.157	0.171
% Trevorita	0.371	0.391	0.439	0.358	0.439	0.465

PENTLANDITA

Amostra Prof. Rocha	M-14_C2_pnt 102.4 OIOPxt	M-14_C2_pnt 102.4 OIOPxt	M-14_C2_pnt 102.4 OIOPxt	M-14_C2_pnt 102.4 OIOPxt	M-14_C2_pnt 102.4 OIOPxt	M-14_C3_pnt 102.4 OIOPxt	M-14_C3_pnt 102.4 OIOPxt	M-14_C3_pnt 102.4 OIOPxt	M-13_C4_pnt 149.6 Hzb	M-13_C4_pnt 149.6 Hzb	M-06B_C1_pnt 220.4 Pxt
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0	0.131	0.005	0	0	0	0.006	0	0.029	0	0
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0	0.045	0.021	0	0	0.011	0.012	0	0.035	0.035	0.002
S	32.79	32.284	31.173	33.714	32.447	33.905	32.56	32.728	32.127	33.294	32.115
Pb	0.05	0.163	0.143	0.169	0.024	0.03	0.143	0.16	0.129	0.177	0.141
Bi	0	0	0	0	0	0	0	0	0.041	0	0
Te	0.122	0.208	0.121	0.119	0.134	0.125	0.105	0.146	0.096	0.217	0.103
Fe	31.445	30.374	30.772	32.289	32.286	32.366	32.16	33.417	35.688	34.678	36.127
Co	1.477	1.407	1.523	0.581	0.959	2.018	1.61	1.434	0.28	1.942	1.513
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sb	0.028	0	0	0.006	0.155	0.055	0	0	0.041	0.28	0
Ni	30.621	30.813	30.706	30.728	30.604	30.305	30.626	30.091	30.085	30.087	30.026
Mo	0.096	0.054	0.067	0.051	0.082	0.065	0.079	0.065	0.031	0.073	0.051
Au	0.01	0	0	0	0	0.005	0	0	0	0	0.033
Ag	0	0.027	0.012	0.013	0	0	0.005	0.022	0.006	0	0.021
Pd	0.009	0	0	0.005	0.03	0	0.002	0.008	0	0	0
Pt	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0.002	0
total	96.648	95.506	94.543	97.675	96.722	98.885	97.308	98.071	98.588	100.785	100.132
Amostra Prof. Rocha	M-06B_C1_pnt 220.4 Pxt	M-06B_C3_pnt 220.4 Pxt	M-06B_C3_pnt 220.4 Pxt	M-06A_C1_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C1_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C1_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C1_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C1_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C3_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C3_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C3_pnt 220.2 Xnt
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0.041	0.052	0	0.022	0.017	0.056	0.075	0.016	0	0.02	0
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0	0	0	0.043	0.031	0	0.027	0.006	0.024	0	0
S	33.913	33.098	33.052	32.371	32.922	33.27	33.079	32.552	32.946	33.11	32.526
Pb	0.133	0.133	0.187	0.047	0.168	0.11	0.167	0.006	0.136	0.092	0.161
Bi	0	0	0	0	0	0	0.068	0.018	0	0	0
Te	0.139	0.173	0.124	0.139	0.089	0.097	0.063	0.15	0.137	0.125	0.093
Fe	32.424	31.907	31.429	45.047	40.323	31.934	32.391	32.724	32.216	31.899	33.332
Co	0.865	0.848	1.291	0.728	0.752	1.063	1.108	1.064	0.96	0.714	1.162
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sb	0.033	0.007	0	0	0.09	0.012	0.038	0.084	0.002	0.084	0.057
Ni	30.702	30.382	30.431	20.876	30.476	30.467	30.373	30.501	30.367	30.206	30.356
Mo	0.026	0.066	0.099	0.085	0.049	0.091	0.047	0.074	0.073	0.061	0.028
Au	0.015	0	0	0	0	0	0	0.014	0	0	0.003
Ag	0	0.009	0	0.011	0.019	0	0	0.02	0.007	0.079	0.018
Pd	0	0	0.024	0	0	0	0.009	0	0	0	0
Pt	0	0	0.015	0	0.014	0	0	0	0	0.004	0
total	98.291	96.675	96.652	99.369	104.95	97.1	97.445	97.229	96.868	96.394	97.733
Amostra Prof. Rocha	M-06A_C3_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C4_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C4_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C4_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C4_pnt 220.2 Xnt	M-06A_C4_pnt 220.2 Xnt					
As	0	0	0	0	0	0					
Zn	0.003	0	0	0	0	0.038					
Ga	0	0	0	0	0	0					
Se	0.013	0.021	0.035	0	0.037	0.031					
S	33.811	33.956	32.725	32.927	33.081	33.125					
Pb	0.19	0.182	0.08	0.114	0.171	0.185					
Bi	0	0	0.119	0.018	0	0.016					
Te	0.099	0.121	0.118	0.123	0.155	0.127					
Fe	32.312	32.238	31.049	31.86	31.753	31.935					
Co	1.815	0.966	0.838	0.9	0.932	1.078					
Cu	0	0	0	0	0	0					
Sb	0.025	0.041	0.058	0	0	0.105					
Ni	30.433	30.266	30.214	30.647	30.531	30.429					
Mo	0.061	0.038	0.135	0.061	0.073	0.108					
Au	0	0	0	0	0	0.028					
Ag	0.009	0.023	0	0.007	0	0					
Pd	0	0	0	0	0	0					
Pt	0	0	0.008	0.054	0	0					
total	98.771	97.852	95.379	96.711	96.733	97.189					

PIRROTITA

Amostra Prof. Rocha	M-14_C1_po OIOpxt	1M-14_C1_po OIOpxt	2M-14_C1_po OIOpxt	3M-14_C1_po OIOpxt	4M-14_C1_po OIOpxt	5M-14_C1_po OIOpxt	1M-14_C1_po OIOpxt	2M-14_C1_po OIOpxt	5M-14_C1_po OIOpxt	6M-14_C1_po OIOpxt	7M-14_C1_po OIOpxt	8M-14_C1_po OIOpxt	9
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0	0.07	0.013	0.008	0.012	0	0	0	0.068	0.096	0.061	0	0
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0	0	0.025	0.015	0.019	0.047	0	0	0.011	0.033	0.044	0	0
S	38.333	36.973	38.677	38.246	38.003	36.667	37.033	38.863	38.572	37.032	36.747	39.074	
Pb	0.096	0.172	0.151	0.216	0	0.153	0.135	0.209	0.033	0.098	0.174	0.187	
Bi	0	0	0.033	0	0	0.077	0	0	0	0.099	0.123	0.02	
Te	0.019	0.028	0	0.007	0.045	0	0.009	0	0	0.057	0	0	
Fe	58.424	57.896	58.683	59.066	58.894	60.629	60.369	58.647	58.64	60.68	61.313	59.012	
Co	0.033	0.029	0.074	0.038	0.049	0.067	0.062	0.035	0.075	0.064	0.083	0.067	
Cu	0.097	0.058	0.021	0	0.029	0.07	0.09	0.041	0.049	0	0.074	0.085	
Sb	0	0.117	0.147	0	0.046	0	0.049	0.177	0	0	0.141	0.083	
Ni	0.011	0.051	0.026	0.024	0.074	0	0.002	0.026	0.027	0	0.046	0.046	
Mo	0.162	0.062	0.038	0.014	0.083	0.049	0.061	0.11	0.113	0.025	0.122	0.094	
Au	0	0	0	0	0	0	0.004	0.011	0	0	0	0	
Ag	0	0.012	0.002	0.005	0	0.004	0	0.012	0.009	0.001	0	0	
Pd	0.009	0	0.011	0	0	0	0.002	0	0	0.012	0.004	0	
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	
total	99.791	98.983	100.038	100.582	100.471	99.845	97.816	98.131	97.597	98.197	98.932	98.671	
Amostra Prof. Rocha	M-14_C1_po OIOpxt	1M-14_C1_po OIOpxt	1M-14_C2_po OIOpxt	1M-14_C2_po OIOpxt	2M-14_C2_po OIOpxt	2M-14_C2_po OIOpxt	3M-14_C2_po OIOpxt	6M-14_C2_po OIOpxt	7M-14_C2_po OIOpxt	8M-14_C2_po OIOpxt	1M-14_C2_po OIOpxt	1M-14_C2_po OIOpxt	1M-14_C2_po OIOpxt
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0.042	0.009	0.062	0	0.034	0.021	0	0.074	0	0.023	0	0	0
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0.045	0	0.01	0.023	0.013	0.013	0	0.013	0	0.027	0.007	0.002	
S	38.44	39.249	37.163	38.774	39.498	39.42	39.091	39.111	37.75	39.18	38.873	39.067	
Pb	0.108	0.129	0.121	0.185	0.257	0.219	0.227	0.135	0.086	0.265	0.072	0.072	
Bi	0	0	0	0	0.048	0	0.007	0	0	0	0	0	0
Te	0.028	0	0.005	0	0.005	0.016	0	0	0.031	0	0	0	0
Fe	59.302	59.025	60.535	58.761	58.132	58.766	59.093	58.839	60.539	58.957	57.637	58.713	
Co	0.091	0.046	0.064	0.074	0.056	0.036	0.024	0.035	0.061	0.059	0.097	0.034	
Cu	0.05	0.043	0.052	0.018	0.051	0	0.006	0.016	0.035	0.011	0.037	0.043	
Sb	0	0.033	0	0	0	0.074	0.194	0	0.034	0	0	0.016	
Ni	0.016	0.029	0.002	0.031	0.025	0.031	0.046	0.048	0	0.052	0.016	0	
Mo	0.035	0.047	0.069	0.093	0.062	0.065	0.059	0.045	0.145	0.036	0.069	0.04	
Au	0	0	0	0	0	0	0	0.008	0.025	0	0.01	0	
Ag	0.027	0.005	0	0	0	0.004	0.019	0.028	0.015	0	0.009	0	
Pd	0	0	0.015	0	0	0.014	0.026	0	0.02	0	0	0	
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0.025	0	0	0	
total	98.184	98.615	98.098	97.959	98.181	98.679	98.792	98.352	98.766	98.61	96.827	97.987	
Amostra Prof. Rocha	M-14_C2_po OIOpxt	1M-14_C2_po OIOpxt	1M-14_C3_po OIOpxt	1M-14_C3_po OIOpxt	2M-14_C3_po OIOpxt	3M-14_C3_po OIOpxt	4M-14_C3_po OIOpxt	6M-14_C3_po OIOpxt	1M-14_C3_po OIOpxt	1M-14_C3_po OIOpxt	1M-14_C3_po OIOpxt	1M-14_C3_po OIOpxt	1M-14_C3_po OIOpxt
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0	0.038	0	0	0	0	0.003	0.054	0	0	0	0	0
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0.035	0	0	0	0.032	0.071	0	0	0.001	0	0.001	0.011	
S	37.643	37.455	37.66	38.027	38.832	39.417	37.78	38.702	38.813	38.892	37.627	38.893	
Pb	0.143	0.122	0.175	0.114	0.154	0	0.029	0.176	0.203	0.219	0.085	0.137	
Bi	0	0.017	0	0	0	0.009	0	0.005	0	0	0	0	
Te	0	0.011	0.003	0	0	0	0	0	0.018	0.018	0	0	
Fe	60.555	61.064	60.255	58.644	58.943	58.791	59.451	58.772	58.551	58.06	60.605	58.813	
Co	0.021	0.064	0.052	0.063	0.018	0.062	0.062	0.061	0.028	0.051	0.04	0.077	
Cu	0.104	0.028	0.008	0.051	0.057	0.014	0	0.121	0.111	0.045	0.06	0.014	
Sb	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0.015	0	0.035	0	
Ni	0	0.01	0	0.029	0.06	0.035	0	0.015	0.026	0.012	0.016	0.026	
Mo	0.072	0.066	0.063	0.088	0.097	0.119	0.06	0.083	0.098	0.08	0.101	0.047	
Au	0	0.002	0	0.014	0	0	0	0.029	0	0	0.005	0	
Ag	0	0	0.01	0	0.002	0.026	0	0.001	0.001	0	0	0	
Pd	0	0.005	0	0.003	0	0	0	0.02	0	0	0.011	0	
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0.032	0	0	0	
total	98.653	98.882	98.226	97.033	98.195	98.544	97.385	98.039	97.897	97.377	98.586	98.018	

Amostra Prof. Rocha	M-14_C3_po 1 OIOpxt	M-13_C4_po 1 Hzb	M-13_C4_po 1 Hzb	M-13_C4_po 1 Hzb	M-06B_C1_po 220.4 Pxt	M-06B_C1_po 220.4 Pxt	M-06B_C1_po 220.4 Pxt	M-06B_C2_po 220.4 Pxt	M-06B_C3_po 220.4 Pxt	M-06B_C3_po 220.4 Pxt	M-06B_C3_po 220.4 Pxt	M-06B_C3_po 220.4 Pxt
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0.022	0	0.048	0	0.028	0	0.05	0.052	0	0.025	0.004	0.07
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0.034	0	0	0.033	0.027	0.029	0	0	0.033	0	0.049	0
S	39.579	36.845	36.892	36.843	38.732	39.319	38.834	40.52	39.391	39.333	39.381	39.771
Pb	0	0.149	0.133	0.175	0.214	0.2	0.176	0.12	0.188	0.081	0.049	0.164
Bi	0	0	0	0.01	0.018	0	0	0.031	0.023	0	0.11	0.027
Te	0.03	0	0	0	0.02	0.001	0.002	0	0	0	0.029	0
Fe	58.133	61.02	61.436	61.194	58.762	59.018	58.664	57.915	58.531	58.107	57.703	57.92
Co	0.045	0.061	0.048	0.088	0.062	0.063	0.062	0.065	0.055	0.061	0.061	0.051
Cu	0	0.106	0.165	0.144	0	0.056	0.014	0.048	0	0	0.044	0.003
Sb	0	0	0	0	0	0	0.012	0	0.113	0	0	0
Ni	0	0.026	0	0	0.027	0.041	0.057	0.03	0.043	0.023	0.018	0.037
Mo	0.089	0.165	0.038	0.111	0.109	0.106	0	0.03	0.047	0.029	0.057	0.001
Au	0	0	0.008	0	0	0	0	0	0.037	0	0	0.051
Ag	0.006	0	0.014	0	0	0	0.007	0	0.016	0	0.004	0
Pd	0	0.018	0	0	0.001	0	0	0.01	0	0	0.004	0
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	97.938	98.39	98.782	98.598	98	98.833	97.878	98.821	98.477	97.659	97.513	98.095
Amostra Prof. Rocha	M-06B_C3_po 220.4 Pxt	M-06B_C3_po 220.4 Pxt	M-06B_C3_po 220.4 Pxt	M-06B_C4_po 220.4 Pxt	M-06B_C4_po 220.4 Pxt	M-06B_C5_po 220.4 Pxt	M-06B_C5_po 220.4 Pxt	M-06B_C5_po 220.4 Pxt	M-06B_C5_po 220.4 Pxt	M-06B_C5_po 220.4 Pxt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0.054	0.031	0.021	0.044	0.058	0	0.035	0.044	0	0	0	0
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0	0	0	0.039	0	0.028	0.057	0	0.045	0.012	0.036	0
S	39.153	38.65	38.994	39.381	39.557	39.443	39.91	38.917	38.72	39.008	38.773	38.696
Pb	0.173	0.096	0.06	0.282	0.096	0.232	0.277	0.16	0.172	0.162	0.174	0.209
Bi	0	0	0	0	0	0	0.007	0	0.111	0.041	0	0
Te	0	0	0	0	0	0	0.005	0	0	0	0.014	0
Fe	58.28	58.707	59.033	57.905	57.733	58.325	57.278	58.409	58.574	59.106	59.133	58.711
Co	0.013	0.046	0.07	0.056	0.086	0.077	0.076	0.069	0.048	0.013	0.061	0.049
Cu	0.016	0	0	0.039	0.039	0.013	0.016	0.015	0	0.008	0	0.028
Sb	0.057	0.047	0	0	0.102	0.07	0	0	0	0	0	0.016
Ni	0.034	0.044	0.042	0.04	0	0.072	0.025	0.003	0.068	0.005	0.034	0
Mo	0.074	0.138	0.157	0.083	0.092	0.061	0.09	0.064	0.006	0.041	0.095	0.052
Au	0	0.015	0	0	0	0	0.038	0	0	0	0	0
Ag	0.007	0	0	0	0	0.005	0	0	0	0	0.001	0
Pd	0.004	0	0	0	0.007	0.003	0	0	0	0	0	0
Pt	0	0	0	0	0.011	0	0	0	0.024	0	0.027	0
total	97.865	97.774	98.377	97.869	97.781	98.329	97.814	97.681	97.768	98.396	98.348	97.761
Amostra Prof. Rocha	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt	M-06A_C1_po 220.2 Xnt
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0	0	0	0	0.01	0.009	0.111	0	0.061	0	0.016	0.026
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0	0.016	0.016	0	0	0	0	0.034	0.005	0.003	0.02	0
S	38.965	38.494	39.088	39.181	39.224	38.816	38.899	39.46	39.546	39.206	38.898	39.106
Pb	0.082	0.195	0.062	0.149	0.156	0.163	0.137	0.145	0.116	0.127	0.121	0.124
Bi	0	0	0	0.124	0	0	0	0.054	0	0	0	0
Te	0	0	0	0	0.057	0	0	0.004	0	0.016	0.033	0
Fe	58.904	57.269	58.792	58.664	58.538	58.527	58.614	58.545	58.343	58.376	57.845	58.697
Co	0.056	0.013	0.046	0.074	0.065	0.052	0.061	0.056	0.084	0.063	0.075	0.04
Cu	0	0	0	0	0.007	0.002	0.026	0	0	0.028	0	0.013
Sb	0	0.008	0	0.009	0.023	0.112	0.119	0	0.177	0	0.078	0
Ni	0.021	0.025	0.066	0.047	0.069	0.015	0.055	0.031	0	0.021	0.075	0.031
Mo	0.049	0.118	0.136	0.061	0.133	0.097	0.077	0.056	0.116	0.076	0.144	0.079
Au	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.006
Ag	0	0.003	0.02	0.018	0	0	0.003	0.009	0.008	0	0.011	0
Pd	0.016	0	0.011	0	0	0	0	0	0.006	0	0	0.004
Pt	0	0	0	0	0.014	0	0	0	0	0	0	0
total	98.093	96.141	98.237	98.327	98.296	97.793	98.102	98.394	98.462	97.916	97.316	98.126

Amostra Prof. Rocha	M-06A_C1_po	M-06A_C1_po	M-06A_C1_po	2M-06A_C2_po	M-06A_C3_po	M-06A_C3_po	M-06A_C3_po	M-06A_C3_po	M-06A_C3_po	M-06A_C3_po	M-06A_C3_po	M-06A_C3_po	M-06A_C4_po
	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2
	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0	0	0.047	0	0	0	0	0	0.103	0	0	0	0.011
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0.036	0	0.018	0.049	0.037	0.016	0	0	0.021	0	0	0	0
S	38.872	39.612	39.254	39.505	38.538	38.806	39.258	39.321	39.782	38.917	38.906	39.758	39.758
Pb	0.111	0.142	0.115	0.205	0.148	0.051	0.225	0.091	0.17	0.118	0.157	0.108	0.108
Bi	0.007	0	0.058	0	0	0	0	0.003	0.051	0.049	0	0	0
Te	0	0	0.047	0.055	0.046	0	0.015	0.041	0	0.024	0	0	0
Fe	58.591	58.8	58.526	58.741	58.346	58.493	59.032	58.482	57.493	58.426	58.114	57.884	57.884
Co	0.058	0.031	0.068	0.012	0.083	0.052	0.084	0.087	0.062	0.057	0.074	0.038	0.038
Cu	0	0	0	0.047	0	0.12	0.024	0.07	0.022	0.017	0	0	0
Sb	0	0	0.009	0	0.002	0.104	0	0	0.075	0	0.13	0	0
Ni	0.014	0.037	0.077	0.036	0.029	0.067	0.001	0.095	0.006	0.033	0.021	0.043	0.043
Mo	0.077	0.099	0.109	0.087	0.028	0.036	0.118	0.085	0.095	0.057	0.101	0.101	0.101
Au	0	0	0.017	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0
Ag	0	0.008	0.002	0	0.016	0	0.015	0.002	0.001	0	0	0.006	0.006
Pd	0	0.001	0.003	0	0	0.011	0.002	0.002	0	0.02	0	0.009	0.009
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	97.766	98.73	98.35	98.737	97.273	97.756	98.774	98.279	97.881	97.728	97.503	97.958	97.958
Amostra Prof. Rocha	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	M-06A_C4_po	20
	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	
	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	
As	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zn	0	0	0	0.035	0.037	0	0.02	0	0	0	0	0.063	
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Se	0.03	0	0.056	0.026	0	0.042	0.021	0.007	0	0	0	0	
S	39.256	39.914	39.791	39.094	38.441	39.375	39.964	39.917	39.131	38.928	38.986	38.986	
Pb	0.055	0.113	0.18	0.217	0.149	0.177	0.13	0.157	0.147	0.128	0.125	0.125	
Bi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Te	0.007	0.006	0	0	0.017	0	0.019	0	0	0.01	0	0	
Fe	58.343	57.641	58.095	58.989	59.002	58.337	57.992	58.822	59.038	58.283	58.514	58.514	
Co	0.034	0.053	0.038	0.024	0.08	0.067	0.045	0.046	0.09	0.046	0.109	0.109	
Cu	0.016	0.015	0.063	0	0	0.011	0	0.05	0	0.011	0	0	
Sb	0	0	0	0	0.038	0	0.048	0	0.032	0.025	0	0	
Ni	0.047	0.004	0.027	0.041	0.037	0.034	0.033	0.02	0.043	0.079	0.059	0.059	
Mo	0.006	0.059	0.057	0.057	0.127	0.092	0.053	0.035	0.036	0.034	0.092	0.092	
Au	0	0	0	0.039	0.036	0	0	0	0	0	0	0	
Ag	0.024	0.021	0	0.024	0	0	0	0	0	0	0.015	0.015	
Pd	0	0.005	0	0.002	0.002	0	0	0.012	0.036	0.01	0	0	
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
total	97.818	97.831	98.307	98.549	97.966	98.135	98.325	99.066	98.553	97.554	97.963	97.963	

CALCOPIRITA

Amostra Prof. Rocha	M-14_C1_calco	M-14_C1_calco	M-14_C1_calco	M-14_C2_calco	M-14_C2_calco	M-14_C2_calco	M-14_C2_calco	M-14_C2_calco	M-14_C3_calco	M-13_C4_calco	M-13_C4_calco
	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	149.6	149.6
	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	OIOpxt	Hzb	Hzb
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0	0.04	0	0.085	0.11	0.086	0	0	0	0.132	0.178
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0	0.008	0.025	0	0.028	0	0.025	0.012	0.002	0.031	0
S	33.705	34.625	36.574	34.9	34.625	34.655	37.765	34.797	37.894	34.231	34.763
Pb	0.067	0.006	0.234	0.075	0.11	0.139	0.111	0.085	0.148	0.176	0.043
Bi	0	0.071	0	0.004	0	0	0	0	0.038	0.014	0
Te	0	0.041	0	0.039	0	0.008	0.015	0	0	0.01	0
Fe	30.346	29.802	62.248	30.475	30.165	30.111	62.375	30.91	60.172	30.166	30.24
Co	0.008	0.055	0.074	0.041	0.019	0.034	0.072	0.026	0.041	0.035	0
Cu	34.542	34.607	0.083	34.805	34.875	35.042	0.05	34.837	0.048	34.385	34.409
Sb	0	0.038	0	0.056	0.023	0	0.008	0	0	0	0
Ni	0.002	0.003	0	0	0	0.012	0	0	0.035	0	0
Mo	0.017	0.009	0.081	0.081	0.078	0.024	0.038	0.016	0.054	0.049	0.013
Au	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0	0	0
Ag	0.019	0.02	0.025	0.022	0	0.018	0.015	0.006	0	0.021	0
Pd	0.005	0	0	0	0.01	0.019	0.009	0.009	0.007	0	0
Pt	0	0	0.009	0	0	0	0	0	0	0	0
total	98.711	99.325	99.353	100.583	100.043	100.148	100.483	100.701	98.439	99.25	99.646
Amostra Prof. Rocha	-06A_C2_calc	-06A_C2_calc	-06A_C2_calc	-06A_C3_calc	-06A_C4_calc	-06A_C4_calc	-06B_C3_calc	-06B_C5_calc	-06B_C5_calc	-06B_C5_calc	-06A_C4_calco
	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.2	220.4	220.4	220.4	220.4	220.4
	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Xnt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0.114	0.114	0	0.014	0.031	0.128	0	0	0.098	0	0.034
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0.064	0.034	0.036	0	0.088	0.034	0	0	0	0.045	0
S	34.808	34.617	34.673	34.88	34.813	34.98	34.753	33.996	34.865	34.944	34.588
Pb	0.089	0.123	0.133	0.132	0.238	0.136	0.13	0.161	0.107	0.126	0.104
Bi	0	0	0	0	0	0	0.011	0.036	0	0.077	0
Te	0	0	0.008	0.029	0	0	0.012	0	0.015	0	0
Fe	30.441	30.315	30.268	30.432	30.752	30.365	30.804	30.402	29.632	30.15	29.122
Co	0.01	0.043	0	0.047	0.043	0.03	0.017	0	0.023	0.026	0.046
Cu	34.582	34.757	34.71	34.351	34.918	34.706	34.152	34.707	35.072	34.994	33.998
Sb	0.07	0.089	0	0.178	0	0	0	0	0.055	0.057	0
Ni	0.015	0	0	0.037	0	0.026	0.012	0.001	0	0	0
Mo	0.104	0.006	0.009	0.092	0.081	0.085	0.048	0.124	0.034	0.111	0.045
Au	0	0	0	0.004	0	0	0	0	0	0	0
Ag	0.005	0	0.017	0	0.012	0	0	0.011	0.019	0.005	0.027
Pd	0.02	0.01	0.012	0	0.006	0.005	0.022	0	0.02	0	0
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	100.322	100.108	99.866	100.196	100.982	100.495	99.961	99.438	99.94	100.535	97.964

PIRITA

Amostra Prof. Rocha	M-06B_C5_py	M-06B_C5_py	M-06B_C5_py	M-06B_C4_py	M-06B_C4_py	M-06B_C4_py	M-06B_C4_py	M-06A_C2_py
	220.4	220.4	220.4	220.4	220.4	220.4	220.4	220.2
	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Pxt	Xnt
As	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0	0	0	0.021	0	0.061	0.033	0
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0.046	0.001	0.022	0	0	0.01	0.01	0.016
S	53.143	53.272	53.111	53.461	53.44	53.128	53.774	52.72
Pb	0.107	0.143	0.202	0.242	0.204	0.12	0.229	0.184
Bi	0	0	0	0	0	0	0	0
Te	0.006	0	0.004	0.01	0	0.015	0.028	0.031
Fe	46.292	45.182	46.454	46.39	46.557	43.695	46.961	42.248
Co	0.044	0.228	0.056	0.069	0.034	2.608	0.017	3.595
Cu	0.001	0	0.018	0.065	0.052	0.043	0.067	0.221
Sb	0	0	0	0.166	0.054	0	0.117	0.051
Ni	0.025	0.122	0.031	0.003	0.004	0.009	0	0.024
Mo	0.119	0.022	0.131	0.145	0.124	0.129	0.126	0.077
Au	0	0.003	0	0	0	0	0	0
Ag	0.008	0	0.001	0.01	0	0.027	0.001	0
Pd	0	0.01	0.008	0	0.002	0	0.006	0
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
total	99.791	98.983	100.038	100.582	100.471	99.845	101.369	99.167